

OPINNÄYTETYÖ

Mikael Illikainen & Joni Nyberg 2011

**Vesi ja viemäriverkoston saneeraaminen ja saneerausluokkien
määrittäminen Muurolan asemakaava alueella.**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences

Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

| | |
|---------------------|---|
| Tekijät | Mikael Illikainen ja Joni Nyberg |
| Toimeksiantaja | Napapiirin Vesi |
| Työn Nimi | Vesi ja viemäriverkoston saneeraaminen ja saneerausluokkien määrittäminen Muurolan asemakaava alueella. |
| Sivu- ja liitemäärä | 35+4 |

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa ja määrittää saneerausluokat viemäri ja vesijohdoille Rovaniemen kunnan Muurolan kylästä. Mitatuista tiedoista muodostetaan yhtenäinen tietokanta Napapiirin Veden käyttämään Xpipe-ohjelmaan. Työssä käsitellään yksityiskohtaisesti koko johtokartoitusprosessi. Myös selvitetään saneerausluokkien määrittäminen ja muuta tietoa vesi- ja viemäriverkoston saneerauksesta ja Teklan ohjeistusta Xpipe-tietokantaan.

Työn lähdeaineistoina oli vanhoja arkistoituja johtokarttoja sekä sähköisessä muodossa olevia johtokarttoja. Opinnäytetyössä käytettiin tietolähteinä Teklan Xpipe-tietokantaohjelmaan tarkoitettua ohjeistusta sekä Napapiirin vedeltä saatua kirjallista tietoutta, sekä kirjastosta saatua tietoa ja Internetiä.

Tulokseksi saatiin kartoitettua Muurolan viemäri ja vesiverkosto Xpipe-tietokantaan materiaaleineen, putkikokoineen, sijainteineen. Verkostolle määritettiin myös oikeat saneerausluokat ja verkoston eri rakennusvuodet ja hankittiin paljon tietoa verkoston saneeraustavoista. Maastotyöt kestivät noin 100 tuntia. Teimme kyselyn Suomen suurimmille kunnille ja vastausten perusteella teimme johtopäätöksiä.

Suoritimme syksyllä 2010 ja keväällä 2011 välisenä aikana kartoitus- ja editointityöt ja teoriaosuuden päättötyöstä. Lopputyön tekeminen antoi hyvät valmiudet moneen suuntaan tulevaisuuden kannalta, koska lopputyössä käsitellään maanmittaustekniikan ja rakennustekniikan aihealueita.

| | | | |
|--------------------------|--|-------------|------|
| Author | Mikael Illikainen and Joni Nyberg | Year | 2011 |
| Commissioned by | Napapiirin Vesi | | |
| Subject of thesis | Renovation of Water Pipe and Sewer Network and Definition of Renovation | | |
| Number of pages | 35 + 4 | | |

The aim of this thesis was to survey and define renovation classes for sewers and water pipes in Muurola, Rovaniemi. The Applicant of this thesis was Napapiirin Vesi. Measured data was formed solid database for Xpipe program that Napapiiri Vesi's uses. The pipe mapping process was dealt with in detail in this thesis. Also renovation classes and other information about renovating of the water pipes and sewers as well as the instructions by Tekla for the Xpipe database were clarified.

The Source material for this thesis consisted of the old archives of pipeline maps and electric forms of pipeline maps. Resource material for this thesis is TEKLA's Xpipe programs code and literary information from Napapiiri Vesi corporation and also information from literature and Internet.

As a result, the sewers and water supply network were mapped into the Xpipe database including materials, pipe sizes and locations. The Correct renovation classes for the network and the different building years were also defined and much of information about networks renovation was obtained. The Terrain works lasted about 100 hours. An inquiry was made to the Finland's largest municipalities and based on answers conclusions were made.

Key words Renovation classes, Xpipe, Survey, Mapping, Inquiry

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHTIA..... | 2 |
| 2.1 Käsiteluettelo..... | 3 |
| 2.2 Napapiirin Veden historiaa..... | 4 |
| 3 JOHTOKARTOITUS..... | 6 |
| 3.1 Johtokartoitusprosessi..... | 6 |
| 3.2 Xpipe-ohjelma..... | 7 |
| 3.3 GPS –mittaus..... | 8 |
| 3.3.1 Paikanmääritys..... | 8 |
| 3.3.2 Absoluuttinen paikanmääritys..... | 8 |
| 3.3.3 Differentiaalinen paikanmääritys..... | 8 |
| 3.3.4 Suhteellinen paikanmääritys..... | 8 |
| 3.3.5 Verkko-RTK- mittaus..... | 9 |
| 3.3.6 Mittaaminen VRS-verkossa..... | 9 |
| 3.3.7 Virhelähteet paikannuksessa..... | 10 |
| 3.3.8 Paikannustarkkuus..... | 11 |
| 4 TUTKIMUKSEN MITTAUSTYÖT..... | 12 |
| 4.1 Tiedonsiirto editointi ja tallennus..... | 15 |
| 4.2 Johtokartan muokkaus ja viimeistely..... | 16 |
| 4.4 Trimble R8 GNSS – GPS –mittalaitteisto..... | 22 |
| 5 Saneerausluokkien määrittäminen..... | 23 |
| 6 Erilaisia vesi ja viemäriverkon saneerausmenetelmiä..... | 26 |
| 6.1 Saneeraustavat..... | 26 |
| 6.2 Omega-Liner –muotoputkisuutus..... | 26 |
| 6.3 Flexoren-suutus..... | 27 |
| 6.4 MaxiLine-pätkäsuutus..... | 28 |
| 6.5 Pakkosuutus..... | 29 |
| 6.6 Ohjattava vaakaporaus..... | 29 |
| 6.7 Pitkäsuutus..... | 30 |
| 6.8 Saertex-Liner -sukkasuutusmenetelmä..... | 31 |
| 6.9 Brandenburger-sukka..... | 32 |
| 7 Haastattelututkimus..... | 33 |
| 7.1 Kysely..... | 33 |
| 7.1.2 Päätelmät sähköpostivastauksista..... | 33 |
| 7.2 Napapiirin Veden verkostopäällikön haastattelu..... | 34 |
| Päätelmät Tiuraiemen haastattelusta..... | 34 |
| 8 Päätelmät..... | 34 |
| Liitteet..... | 37 |

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Käyttöpaikan tietojen tarkasteleminen Xpipe ohjelmassa. | 7 |
| Kuvio 2. Esimerkki maastossa täytetystä kaivokortista. | 12 |
| Kuvio 3. Maastossa käytetty kartta johon on merkitty käsin kaivoille numerot joiden ominaisuudet on merkitty vastaavalla numerolla kaivokortteihin. | 13 |
| Kuvio 4. Kartoitettava alue Rovaniemen Muurolassa. | 14 |
| Kuvio 5. Mittaustiedosto 3D- Win –ohjelmassa. | 15 |
| Kuvio 6. Aloitusilanne Xpipe-ohjelmassa. | 16 |
| Kuvio 7. Suunnitelman valitseminen Xpipe-ohjelmassa. | 17 |
| Kuvio 8. Pohjakartan valinta Xpipe-ohjelmassa. | 18 |
| Kuvio 9. Kaivolle lisättiin yksitellen ominaisuustiedot maastossa tehdyistä kaivokorteista. | 19 |
| Kuvio 10. Kaivokortti Teklan Xpipe ohjelmassa. | 20 |
| Kuvio 11. Johtokartan piirtäminen Xpipe-ohjelmassa. | 21 |
| Kuvio 12. Joukkopäivitys toiminto Xpipessä. | 22 |
| Kuvio 13. Esimerkki saneerausluokan määrittämisestä. | 24 |
| Kuvio 14. Kuvassa keltaisen ja vihreän väriset putkistot kuvaavat eri saneerausluokkaan kuuluvia verkostoja. | 25 |
| Kuvio 15. Kartta Rovaniemen keskustan alueen verkostojen saneerausluokista. | 25 |
| Kuvio 16. Kuva Omega - liner sujutuksesta viemärikaivosta katsottuna. | 27 |
| Kuvio 17. Flexoren -sujutuksen periaatekuva. | 28 |

| | |
|--|----|
| Kuvio 18. Teoriakuva MaxLine –pätkäsujutuksesta. | 28 |
| Kuvio 19. Periaatekuva Pakkosujutuksesta. | 29 |
| Kuvio 20. Ohjattava vaakaporauksen periaatekuva. | 30 |
| Kuvio 21. Pitkäsujutuksen periaatekuva. | 30 |
| Kuvio 22. Periaatekuva Saertex-Liner -sukkasujutusmenetelmä. | 31 |
| Kuvio 23. UV-valolla kovetettava Brandenburger-lasikuitusukka. | 32 |
| Taulukko 1. Sujutusmenetelmien soveltuvuus. | 26 |

1 JOHDANTO

Tämän päättötyön lähtökohtana oli Rovaniemen kaupungin eli Napapiirin Veden tarve saada kartoitettua Muurolan asemakaava-alueen vesi ja viemäriverkoston sijainti-, materiaali- ja kuntotietoineen. Verkoston tarkasta sijainnista ei ollut faktatietoa, ainoastaan digitaaliseen muotoon siirrettyjä suunnitelmia ja vanhoja paperikarttoja viemäreistä sekä muita vanhoja paperikarttoja, joten kartoitusprosessi ei ollut aivan läpihuutojuttu.

Mitattavan aineiston suuresta määrästä johtuen työ suoritettiin parityönä, käytännössä maastotöitä olisi ollut hankalaa tehdä yksin. Tavoitteena oli siis kartoittaa kokonaisuudessaan Rovaniemen noin 2000 asukkaan Muurolan kylän vesi ja viemäriverkosto ja luoda mittaustiedoista yhtenäinen verkosto Xpipe-ohjelman tietokantaan, poistaa vanhat suunnitelmat ja tuoda ajanmukaista ja tarkkaa faktatietoa tilalle. Ajan tasalla oleva johtokartta on tärkeä työväline, joka tehostaa ja nopeuttaa verkostoon liittyvää rakentamista sekä vähentää epävarmuustekijöitä ja tuo selviä säästöjä Napapiirin Vedelle. Johtokartalla on tärkeä asema myös uusien kaavoitus-suunnitelmien tekemisessä, mutta myös saneerauksien suunnittelussa saneerausluokkien perusteella. Fyysistä työtä tehtäessä itse rakennuspaikalla ja johtokartasta tulostettua karttaa katsomalla tiedetään tarkkaan, missä ja millä syvyydellä viemäri- ja vesijohdot kulkevat ja näin kalliit kaivausvahingot estyvät. Myös jos vesijohtoon tulee vuoto, niin ennen kartoitetut vesiventtiilit löydetään talvipakkasessakin kinosten alta ja ne sulkemalla suuremmilta ja kalliimmilta vahingoilta välttään.

Työssä käydään läpi johtokartoitusprosessi yksityiskohtaisesti läpi, sitten selvitetään kartoituksen tuloksena saadut tiedot. Lisäksi selvitetään miten kartoitetut tiedot käsitellään ja siirretään Xpipe tietokantaan. Myös selvitetään Xpipeen liittyvät ohjeistukset ja säädökset sekä saneerausluokkien määritykset sekä muuta asiaa saneerauksista.

2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHTIA

Vesihuoltolaitos huolehtii perus-, korjaus- ja kehittämisinvestoinneista toiminta-alueellaan ja puhtaan talousveden hankinnasta ja käsittelystä, jätevesien johtamisesta ja puhdistamisesta ja hulevesien johtamisesta. Napapiirin Veden tavoitteena on kunnallisena liikelaitoksena jakaa asiakkailleen moitteetonta ja turvallista talousvettä ja huolehtia jäteveden johtamisesta ja puhdistamisesta ympäristölupien vaatimusten mukaisesti. (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

Jotta Napapiirin Veden työskentely olisi tehokasta, täytyy kaikista vesijohto- ja viemäriverkostosta olla ajan tasalla oleva johtokartta, josta selviää kaikki kattavat tiedot ja kartat. Vuosikymmeninä 1960, 1970, 1980 ja 1990 kaikki verkostossa olevat tiedot oli käsin piirretty tai tulostettu kartalle tai vihkoihin. Atk-pohjaisiin tallennusmuotoihin on siirrytty viimeisen 10 vuoden sisällä ja se on kaikin puolin hyvin perusteltua ja tärkeää, koska karttojen tekeminen käsin on hidasta ja työlästä, joten on ollut mahdollista että tärkeää tietoa on jäänyt kirjaamatta.

Lopputyön aihetta suunniteltaessa Napapiirin Veden yhdyshenkilöiden, Jukka Tiuraniemen (Verkostopäällikkö), Ari Jarkon (Verkostopäällikkö) sekä Jouko Vaaran (Kehittämispäällikkö) kanssa nousi päällimmäisenä aiheeksi saneeraus ja vesi- ja viemäriverkoston saneerausluokat. Muurolassa viemäri ja vesiputket ovat vanhimpia Rovaniemen kunnan alueella, joten oli luonnollista ottaa tämä alue aiheeksi. Saneerausluokkien määrittäminen ja saneerauksien suunnittelu Xpipe-ohjelmaan oli aivan uusi asia Napapiirin Vedelle, eikä heidän toimistollaan tiedetty asiasta paljoa. Aihe oli insinöörityöksi luonteva ja ajankohtainen. Haastavuutta työssä oli suuren mittausalueen vuoksi koska mittausaineistoa kertyi paljon ja se piti pitää järjestyksessä. Myös uuden asian tutkiminen ja tiedon hankkiminen oli meille ja Napapiirin Vedelle haastavaa. Haasteista huolimatta ratkaisimme ongelmat ja aiheesta oli paljon konkreettista hyötyä Napapiirin Vedelle.

Tarkkaa aikataulua oli lopputyötä suunnitellessa vaikeaa tehdä, mutta tuntuma oli että työ saadaan valmiiksi talven 2010-2011 aikana, koska intoa insinöörityön tekemiseen riitti, koska aihe oli mielenkiintoinen.

2.1 Käsiteluettelo

| | |
|-------------|---|
| Bluetooth | Standardi laitteiden langattomaan kommunikaatioon metrien lähietäisyydeltä. |
| GPS | Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä. |
| Kaivokortti | Viemärikaivon ominaisuudet merkitään tarkasti tähän, viemäreiden virtaussuunnat, materiaalit, halkaisijat, korkeudet kaivon kannen suhteen. Kaivoista merkitään materiaali ja halkaisija sekä malli, esim. uponor pro kaivo. |
| Paikkatieto | Paikkatieto on tietoa, johon liittyy maantieteellinen sijainti. Se on tietoa kohteista, joiden paikka Maan suhteen (s.o. sijainti Maan pinnalla tai sen välittömässä läheisyydessä) tunnetaan. Paikkatieto on paikannettua kohdetta tai ilmiötä kuvaava sijaintitiedon ja ominaisuustiedon looginen tietokokonaisuus. |
| RTK | Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus. |
| Trimble R8 | Gps Vrs mittalaite. |
| VRS | Virtuaalinen tukiasema. |
| Xcity | Kuntien ja kaupunkien paikka- ja perusrekisteritietojen hallintaan kehitetty tietojärjestelmä. |
| Xpipe | Integroitu verkkotietojärjestelmä. |
| 3D-Win | Maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows –ohjelmisto. |

2.2 Napapiirin Veden historiaa

Rovaniemen kauppalan selviytyttyä 1930-luvun pula-ajasta vuonna 1937 ryhdyttiin varautumaan kauppalan vesihuollon investointeihin perustamalla vesi- ja viemärijohtorahasto. Kauppalassa oli tuolloin lukuisia yksityisiä viemäreitä ja vesiyhtymiä, jotka ottivat vetensä maa kaivoista tai Kemijoesta. Ensimmäisessä vaiheessa kauppalaa rakensi pääviemärin Koskenrantaa seuraten, johon liitettiin yksityiset viemärit. Tämän jälkeen lähdettiin kehittämään vedenhankintaa. Talvi- ja jatkosota kuitenkin viivästyttivät kunnallisen veden saantia, niin että vasta vuoden 1942 lopulla kauppalan vesilaitos suoritti ensimmäisen laskutuksen myydystä vedestä. Vesi otettiin Kemijoesta ja käsiteltiin juomakelpoiseksi Ounaskosken rannalla Palokadun päähän rakennetussa pumppulaitoksessa. (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

Vaikka Rovaniemi tuhoutui sodassa lähes täydellisesti, rakennetut vesi- ja viemärijohdot säilyivät käyttökelpoisina. Sodan jälkeen Rovaniemestä tuli Lapin läänin valtionhallinnon keskus, jonka vaikutuksesta kauppalaa rakennettiin runsaasti valtion kiinteistöjä. Tämä johti siihen, että myös rakennushallitus ryhtyi rakentamaan omaa vedenjakelujärjestelmää 1940-luvun lopussa. Tähän kuuluivat Santamäen pohjavedenottamon ja Teerikadun vesitornin sekä niiden välisen runkovesijohdon rakentamiset. Kauppala osti rakennushallituksen rakentaman järjestelmän itselleen vuonna 1952. (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

Santamäen pohjavedenottamon hyväksi voidaan lukea, että rovaniemeläiset mieltyivät pohjaveteen ja halusivat lisätä sen määrää ja lopettaa jokiveden käytön. Uusi pohjavedenotto Kolpeneenharjulle valmistui vuonna 1959. Vaikka viisikymmentäluvulla rakennettiin paljon vesi- ja viemärijohtoja, voidaan katsoa, että niiden rakentamisen huippuvuosikymmen alkoi 1960, jolloin Rovaniemestä tuli kaupunki. Tällöin vuonna 1965 valmistui myös Kolpeneen pohjavedenottamon vedenkäsittelylaitos. (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

Muita merkittäviä vaiheita laitoksen kehityksessä on ollut viemärlaitostoiminnan liittäminen siihen vuonna 1974. Jätevedenpuhdistamo rakennettiin kahdessa vaiheessa, vuonna 1979 valmistui biologinen rinnakkaissaostusperiaatteella toimiva

laitos ja vuonna 1986 siihen jätevesilietteenkäsittelylaitos siten, että siinä on koneellinen kuivaus. Rovaniemen jätevedenpuhdistamo toimii ylikunnallisena laitoksena, koska Rovaniemen maalaiskunnan jätevesistä käsitellään siellä suurin osa.) (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

Puhtaan käyttöveden vuoksi on Rovaniemellä jouduttu investoimaan myös viime aikoina. Kolpeneen pohjavedenottamon toimintaa tehostettiin 1980-luvun alussa rakentamalla siihen biologinen raudan- ja mangaaninpoistolaitos. 1990-luvun suuria hankkeita on ollut lisäpohjaveden hankinta Jokkavaaran ja Kroopinpalo- Palovaaran pohjavesialueilta. (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

Hallinnollisesti Napapiirin Vesi kuuluu Rovaniemen kaupungin tekniseen virastoon. Vuoden 1995 alusta sen toimintaan liitettiin myös jätehuolto. Kunnallisena liikelaitoksena Rovaniemen kaupungin vesi- ja jätehuoltolaitos aloitti toimintansa 1.6.1995. Vesi- ja jätehuoltolaitoksen nimi on ollut 1.1.2002 alkaen Rovaniemen Vesi. (Napapiirin Vesi, 29.09.2010)

3 JOHTOKARTOITUS

Johtokartta on erikoiskartta joka esittää johtolaitoksen tai johtolaitoksien maanpäällisistä sekä maanalaisista johdoista ja laitteista. Johtokartan tarkoituksena on selvittää tarkasti ja havainnollisesti johdot ja niihin kiinteästi kuuluvat osat ja laitteet. Johtokarttoihin sisältyy aina myös paikkatietoa. Johtokarttoja on olemassa erityyppisiä kuten vesijohto-, viemäri-, puhelin-, kaukolämpö-, kaasujohto, ja Xcity (kuntien ja kaupunkien paikka- ja perustietojen hallinta).

Suurin osa johtojen sijaintitiedoista perustuu rakennussuunnitelmiin, eivätkä ne ole ajan tasalla. Erilaiset laitokset käyttävät kunnillaan myöskin omia kartta- aineistoja, joten ne eivät ole keskenään yhteensopivia. Yleensä löytyy tietoa kytkennöistä ja niiden ominaisuuksista, mutta sijaintitiedot puuttuvat. Varsinaista lainsäädännöllistä velvoitetta johtokartoituksesta ei ole olemassa. Erilaisia suosituksia ja ohjeita ja standardeja löytyy, joiden avulla voidaan valmistaa sijaintitarkkoja johtokarttoja. Ohjeita seurataan varsin vaihtelevasti ja useasti jokaisella laitoksella onkin omat johtokartan mittaus- ja valmistus käytäntönsä. (Tikka 1991. S 206)

3.1 Johtokartoitusprosessi

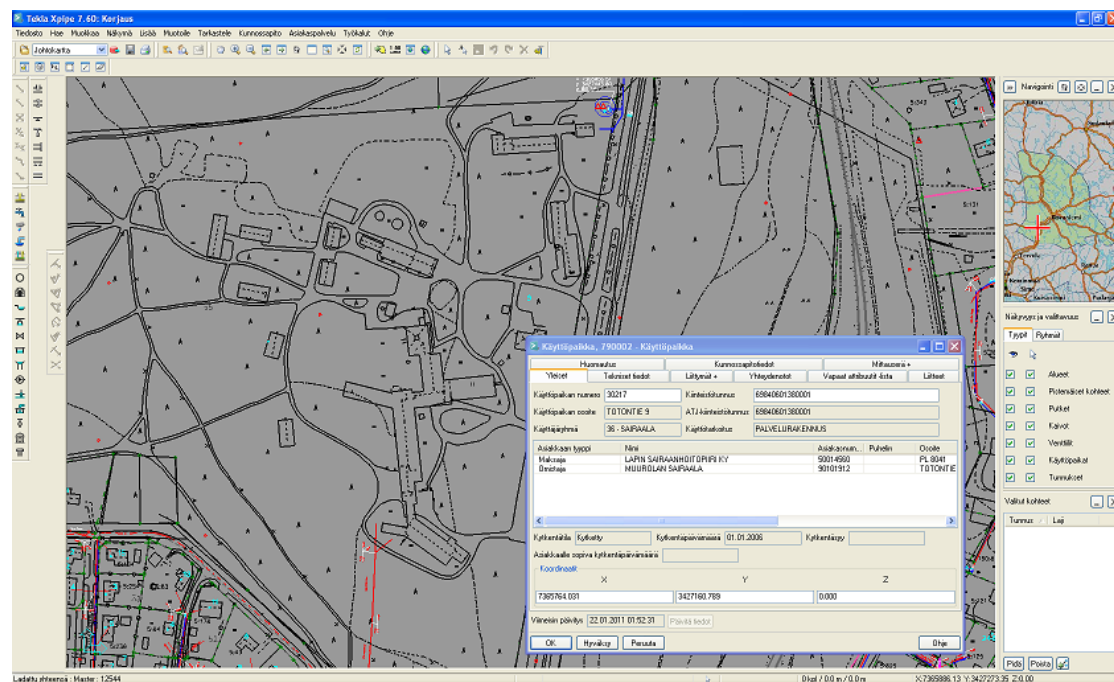
Johtokartoitusprosessi aloitettiin avaamalla Xpipe-ohjelma ja lataamalla oikea pohjakartta ja Xpipe-johtokartta. Seuraavaksi etsitään oikea alue kartalta ja käydään alue läpi kaikkine vesi- ja viemäriputkitietoineen ja avataan kaivokortit ja putket. Tässä tarkastelussa saadaan selville jo mitatut tiedot ja näin vältetään turhaa mittaamista ja säästetään aikaa. Tarkastelun perusteella selviää mitä viemäriverkoston kaivoja ja vesijohtoverkoston venttiilejä pitää määritellyllä alueella vielä mitata.

Seuraavaksi tulostetaan Xpipe-ohjelmasta tarpeeksi pienellä mittakaavalla karttoja, joihin merkitään jo mitatut kohteet. Karttoista selviää tonttien rajat, rakennukset, tiet, sähkölinjat ja tärkeimpänä suuntaa- antavat sijaintitiedot viemäri- ja vesijohdoille, joiden perusteella löydetään kaivot ja venttiilit maastosta. Vaikeimmissa tapauksissa otettiin esim. viemärikaivon sijaintitiedot (koordinaatit) suoraan Xpipe-tietokannasta Trimblen GPS-laitteeseen, joka merkintämittauksella ohjasi sitten perille. Myös paperiversiollisia kaivokortteja tulostettiin, jotta maastossa niihin voitiin kirjata

havainto- ja mittaustietoja. Seuraavaksi hankittiin Napapiirin vedeltä kaikki maastossa tarvittavat työkalut (metallinpaljastin, alumiinilatta kaivokoukku, ruuvimeisseli, rautalapio, rautakanki, tehokas lamppu, rullamitta) sekä mittaukseen tarvittava Trimblen R8 GPS-laite.

3.2 Xpipe-ohjelma

Tekla Xpipe on nykyään yleistynyt vesihuoltolaitosten operatiiviseen omasuudenhallintaan suunniteltu suomalainen verkkojärjestelmä. Xpipe sisältää valmiin tietomallin, tietokannan ja erilaisia toimintoja. Vesi- ja viemäriverkostoon liittyvät tiedot ovat järjestelmässä koottuna yhteen tietokantaan. Ohjelma sisältää vesihuoltoverkon paikkatietojärjestelmän eli se sisältää ominaisuustiedot sekä komponenttien sijaintitiedot. Tekla Xpipe sovellusten avulla käyttäjä voi muunmuassa suunnitella verkostoa, tarkastella kunnossapitoa ja asiakaspalvelua. Xpipeä käytettäessä sen voi liittää muihin asiakastietojärjestelmiin (CIS- järjestelmiin). Tekla Xpipe nopeuttaa ja parantaa verkostotoiminnan laatua ja kustannustehokkuutta koko verkoston elinkaaren ajan. (Tekla, 01.11.2010)



Kuvio 1. Käyttöpaikan tietojen tarkasteleminen Xpipe-ohjelmassa. (Tekla Xpipe, 21.12.2010)

3.3 GPS –mittaus

Satelliittimittaus tapahtuu satelliittipaikannusjärjestelmien avulla ja sillä määritetään sijaintia. Satelliittimittauksesta käytetään termiä GPS-mittaus, mutta nykyään puhutaan myös maailmanlaajuisesta GNSS-mittauksesta (Global Navigation Satellite System). Tällöin sijainnin määrittämiseen käytetään GPS-järjestelmän lisäksi muutamaa muutakin satelliittipaikannusjärjestelmiä. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.1 Paikanmäärittäminen

Satelliitit lähettävät radiosignaaleja erilaisilla taajuuksilla. Signaalien kantoaaltoihin on lisätty binäärikoodeja, joiden perusteella paikanmäärittäminen tapahtuu. Satelliittipaikanmäärittäminen jaetaan absoluuttiseen, differentiaaliseen ja suhteelliseen paikanmäärittämiseen. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.2 Absoluuttinen paikanmäärittäminen

Absoluuttinen paikanmäärittäminen suoritetaan yksittäisellä vastaanottimella, esimerkiksi käsinavigaattorilla, joka ottaa vastaan satelliitin lähettämän signaalin. Silloin hyödynnetään pääasiassa signaalien C/A -koodihavaintoja (Coarse acquisition). Kun vastaanotettua koodia verrataan navigaattorissa generoituun koodiin, saadaan signaalin kulkuaika, jonka perusteella lasketaan etäisyys satelliittiin. Vastaanottimen paikka voidaan määrittää satelliittien paikkojen perusteella. Absoluuttinen paikanmäärittäminen vaatii vähintään neljä satelliittia. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.3 Differentiaalinen paikanmäärittäminen

Differentiaalinen paikanmäärittäminen eli DGPS vähentää paikanmäärittämisen virheitä differentiaalikorjauksen avulla. Korjaukset välitetään vastaanottimelle radion tai matkapuhelimen välityksellä. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.4 Suhteellinen paikanmäärittäminen

Suhteellinen paikanmäärittäminen perustuu satelliittien signaalien kantoaallon hyödyntämiseen. Paikanmäärittämiseen tarvitaan vähintään kaksi vastaanotinta, joista toinen sijoitetaan koordinaateiltaan tunnetulle pisteelle. Mittauksessa lasketaan koordinaattieroja vastaanottimien välillä. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Vastaanottimen vastaanottaessa satelliitin signaaliin vastaanotin mittaa sen hetkisen kantoaallon vaiheen. Tämä jälkeen vastaanotin alkaa laskea signaalin tulevien

kokonaisten aallonpituuksien lukumäärää. Satelliittien liikkua radallaan, niiden etäisyyksien muutos näkyy vastaanottimen laskemien saapuneiden aallonpituuksien lukumäärässä. Kun useampia satelliitteja on havaittu jonkin aikaa, aallonpituuksista pystytään laskemaan satelliitin etäisyys vastaanottimesta. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Suhteellisen paikanmäärittelyn tärkeimmät mittaussovellukset ovat staattinen GPS-mittaus ja RTK-mittaus. Staattisessa GPS-mittauksessa mittaus tapahtuu jälkilaskentana ja soveltuu muunmuassa tarkkojen kiintopisteverkkojen mittaamiseen ja erilaisiin deformaatiomittauksiin. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

RTK-mittauksessa, eli reaaliaikaisessa kinemaattisessa (Real Time Kinematic) mittauksessa laskennat yleensä suoritetaan reaaliajassa. Tämä tarkoittaa sitä, että mitattujen pisteiden koordinaatit saadaan heti mittaushetkellä. RTK-mittauksessa tunnetulla pisteellä olevan vastaanottimen ja kartoitusvastaanottimen välille muodostetaan tiedonsiirtoyhteys. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.5 Verkko-RTK- mittaus

Perinteisen RTK-mittauksen on korvannut kiinteisiin tukiasemiin perustuva verkko-RTK-menetelmä. Suomessa ja Maanmittauslaitoksella on käytössä virtuaalinen VRS-menetelmä (Virtual Reference Station). Menetelmässä kartoitusvastaanottimen lähelle luodaan virtuaalinen tukiasema, joka määrittyy kiinteän tukiasemaverkon havaintojen ja erilaisten virhelähteiden mallinnuksen avulla. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.6 Mittaaminen VRS-verkossa

Kartoitusvastaanotin lähettää sijaintinsa VRS-laskentakeskukseen GSM/GPRS –yhteyden välityksellä. Laskentakeskus muodostaa virtuaalisen tukiaseman mittaajan paikkaan. Laskentakeskus sijoittaa virtuaaliseen tukiasemaan lähimmän todellisen tukiaseman havaintodatan, sekä määrittää ja interpoloi havaintoihin virtuaalitukiaseman paikassa vaikuttavat virhelähteet. Tämän jälkeen laskentakeskus aloittaa RTK-korjauksen lähettämisen kartoitusvastaanottimelle aivan kuin se tulisi tukiasemalta, joka olisi aivan mittausta paikan lähellä. Tämöntapaisella verkkomenetelmällä saavutetaan perinteistä RTK-menetelmää parempi tarkkuus, koska etäisyydestä johtuvasta virheestä päästään eroon lähes kokonaan. Tämän lisäksi

menetelmällä saavutetaan myös kustannus- ja aikasäästöä, koska omaa tukiasemaa ei enää tarvitse pystyttää mittaajan toimesta. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.7 Virhelähteet paikannuksessa

Suurin satelliittipaikannuksen häiriötekijä on ilmakehä. Ilmakehän ionosfääri ja troposfääri muuttavat satelliitin signaaliin etenemisnopeutta ja sitä kautta ilmenevät virheenä satelliittien etäisyydessä. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Auringon aktiivisuus vaikuttaa Maapallon ionosfääriin ja se vaihtelee 11 vuoden jaksoissa. Tällä hetkellä auringon aktiivisuus on lisääntymässä kohti maksimia, joka on odotettavissa vuonna 2013. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Muita virhelähteitä ovat mm. satelliittien radanmäärittelyn ja kellon virheet, vastaanottimesta johtuvat virheet ja monitieheijastukset. Monitieheijastukset johtuvat siitä että paikannussatelliitin signaali ei pääse suorinta tietä vastaanottimen antenniin, vaan on heijastunut jostakin esineestä tai pinnasta. Esimerkiksi jos mittaa liian lähellä autoa niin auton kautta tulevat heijastukset voivat heikentää mittaustarkkuutta. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Satelliittigeometria, eli satelliittien keskinäinen symmetria taivaalla vaikuttaa paikannuksen tarkkuuteen. Matemaattisesti satelliittigeometrian hyvyys tai huonous ilmaistaan DOP-luvuilla (Dilution Of Precision). Mitä pienempi luku, sitä vähäisempi on satelliittigeometrian vaikutus paikannustarkkuuteen. Satelliittigeometria on tarpeeksi hyvä, kun yleisesti käytetty PDOP-arvo (Position DOP) on alle 6. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Absoluutisessa paikannuksessa virheiden vaikutusta voidaan vähentää esimerkiksi ionosfääri- ja troposfäärimalleilla. Differentiaalisessa paikannuksessa virheistä päästään lähes kokonaan eroon määritettyjen korjausten avulla. Suhteellisessa paikannuksessa virhelähteet osittain kumoavat toisensa johtuen laskentamenetelmästä, mutta kaksitaajuusvastaanottimilla voidaan ionosfäärin aiheuttama virhe määrittää ja eliminoida kokonaan. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

3.3.8 Paikannustarkkuus

Taulukossa on annettu karkeat tarkkuusarviot eri paikannusmenetelmille. Erityisesti absoluuttisessa paikannuksessa tarkkuus voi heitellä huomattavasti mittauspaikasta, satelliittigeometriasta ja muista virhelähteistä johtuen. (Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

Paikannuksen tarkkuus

absoluuttinen paikanmääritys alle 10 m

differentiaalinen paikanmääritys 0.5 – 5 m

suhteellinen paikanmääritys alle 5 cm

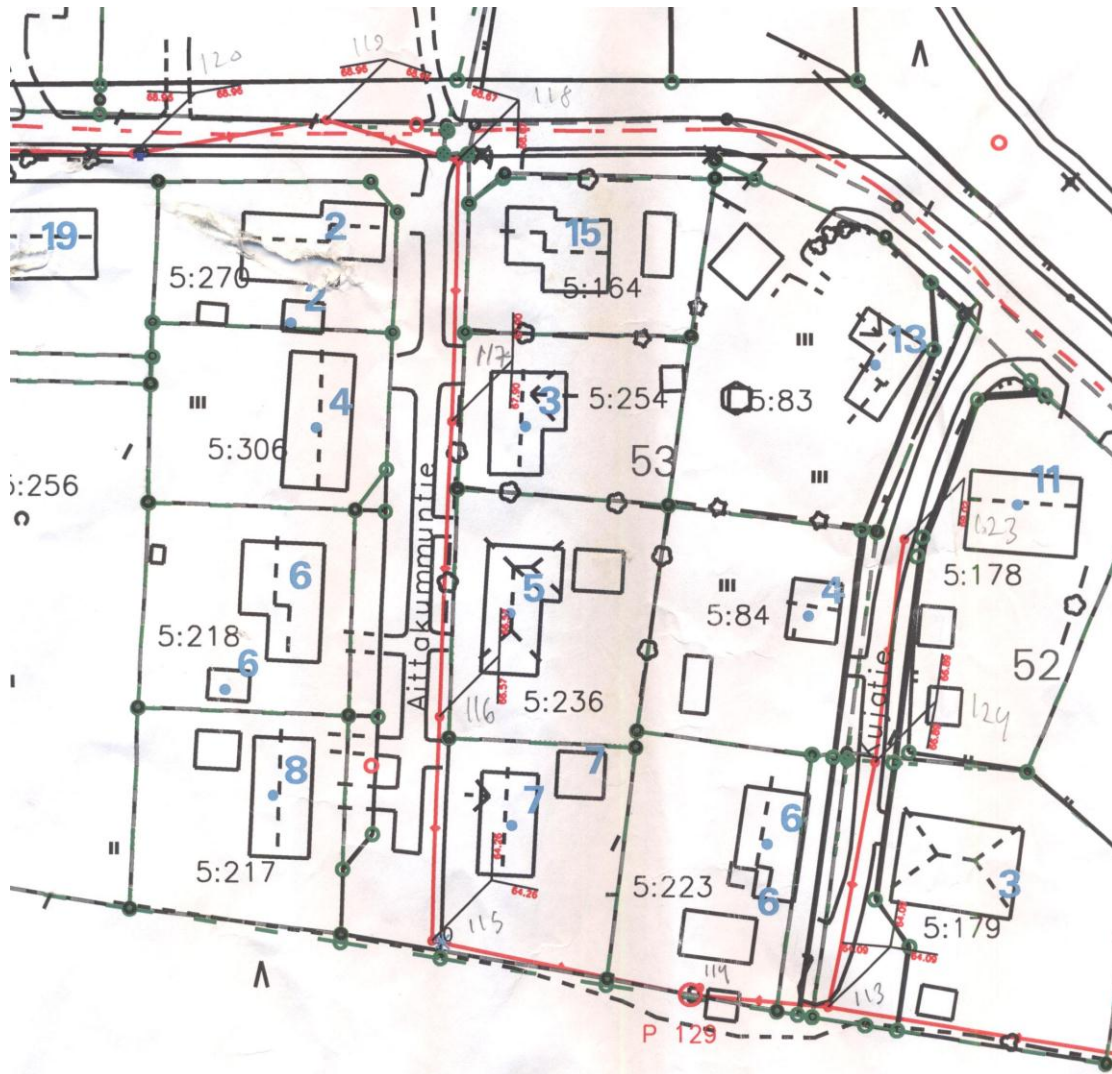
(Maanmittauslaitos, 20.12.2010)

4 TUTKIMUKSEN MITTAUSTYÖT

Verkon kartoitus alkoi suunnittelemalla looginen aloituspaikka Muurolasta, koska mitattavaa oli niin paljon, että koko Muurolan alue piti jakaa pienempiin lohkoihin, jotta sekaannuksia ei olisi tullut esimerkiksi kaivokorteissa ja kartoissa, joita oli vajaa sata kappaletta. Kun viemärikaivolle tultiin, kartoitettiin kaivo GPS -laitteella keskeltä kaivon kantta tietyllä pistenummerolla, joka oli sama, joka merkittiin kaivokorttiin. Seuraavaksi avattiin kaivo kaivokoukulla ja mitattiin viemäriputkien vesijuoksujen korkeudet putkien alapohjasta kaivon kanteen. Seuraavaksi kirjattiin havainnot kaivosta ja putkista; materiaalit, halkaisijat, ja kaivomallit (Teleskooppi, Pro-kaivo ym.) kyseisen kaivon kaivokorttiin. Katu- ja taloventtiilien hatuille mitattiin sijainti tiedot GPS-laitteella. Venttiileistä ei saa varsinaisia ominaisuustietoja, koska ne sijaitsevat maan alla näkymättömissä. Lisäksi mitattiin alueella muutamia paloposteja ja vesiposteja, joiden kohdalta vesijohto kulkee.

| | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|-------------|
| Kaivo no 198 | LIITTYMÄT POISTO | Liittymä | Putki- laatu ** | Koko /ulko- halk. | Kork.cm vesi- juoksusta | Kulma astetta | Kaato /m |
| Kpl 7 | | Poisto | Peh | 200 | 286 | 0 | |
| Ulkohalk. 400 | | Tulo 1 | Peh | 110 | 249 | 85° | |
| Korkeus* 286 | | Tulo 2 | Peh | 200 | 280 | 180° | |
| | | Tulo 3 | PVC | 160 | 261 | 280° | |
| | | Tulo 4 | | | | | |
| Sorapesä: _____ m Vakio <input type="checkbox"/> Pallopesä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Ilman teleskooppia <input type="checkbox"/> Hatulla <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Teleskoopilla <input checked="" type="checkbox"/> Säätöputki 0,75 m <input checked="" type="checkbox"/> _____ m | | | | | | | |
| Umpikansi <input checked="" type="checkbox"/> +Tiiviste <input checked="" type="checkbox"/> Ritiläkansi <input type="checkbox"/> 25tn <input type="checkbox"/> 40tn <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Vesilukko <input type="checkbox"/> Huuhteluputki <input type="checkbox"/> Jäätymissuoja <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Lisätietoja: | | | | | | | |

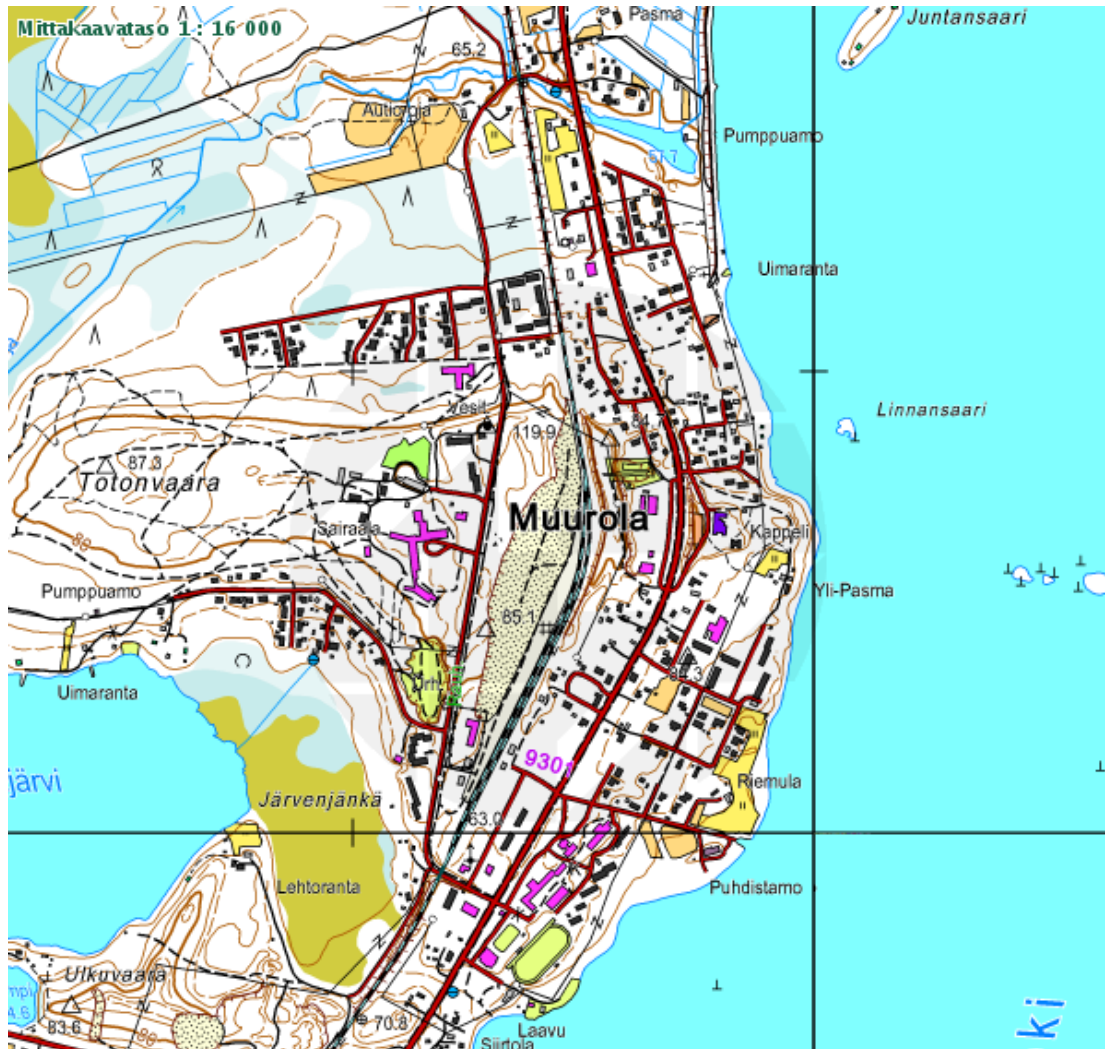
Kuvio 2. Esimerkki maastossa täytetystä kaivokortista.



Kuvio 3. Maastossa käytetty kartta johon on merkitty käsin kaivoille numerot joiden ominaisuudet on merkitty vastaavalla numerolla kaivokortteihin.

Käytännössä kaikki kaivot olivat metrejä eri paikassa kuin kartassa oli merkitty ja välillä maan pinnan alla, joten niitä piti hakea eri keinoin. Metallinpaljastimella löytyi hyvin sellaisia kaivoja joissa oli valurautakansi, mutta maan pinnan alla on myös erilaisia metalleja joka häiritsi ja hidasti prosessin etenemistä. Silloin hyvä kartanlukutaito ja aikaisempi vastaava työkokemus auttoi kaivon sijainnin arvioinnissa. Maastotöissä aikaa kuluikin hukkaan eniten kadoksissa olevien kaivojen ja venttiilien etsimiseen. Tämän vuoksi käytettiin apuna merkintämittausta kaivojen etsinnässä. Merkintämittauksessa syötettiin kaivojen koordinaatteja GPS-laitteeseen ja numeroitiin ne laitteeseen ja karttaan, jottei olisi tullut sekaannusta kaivojen välillä.

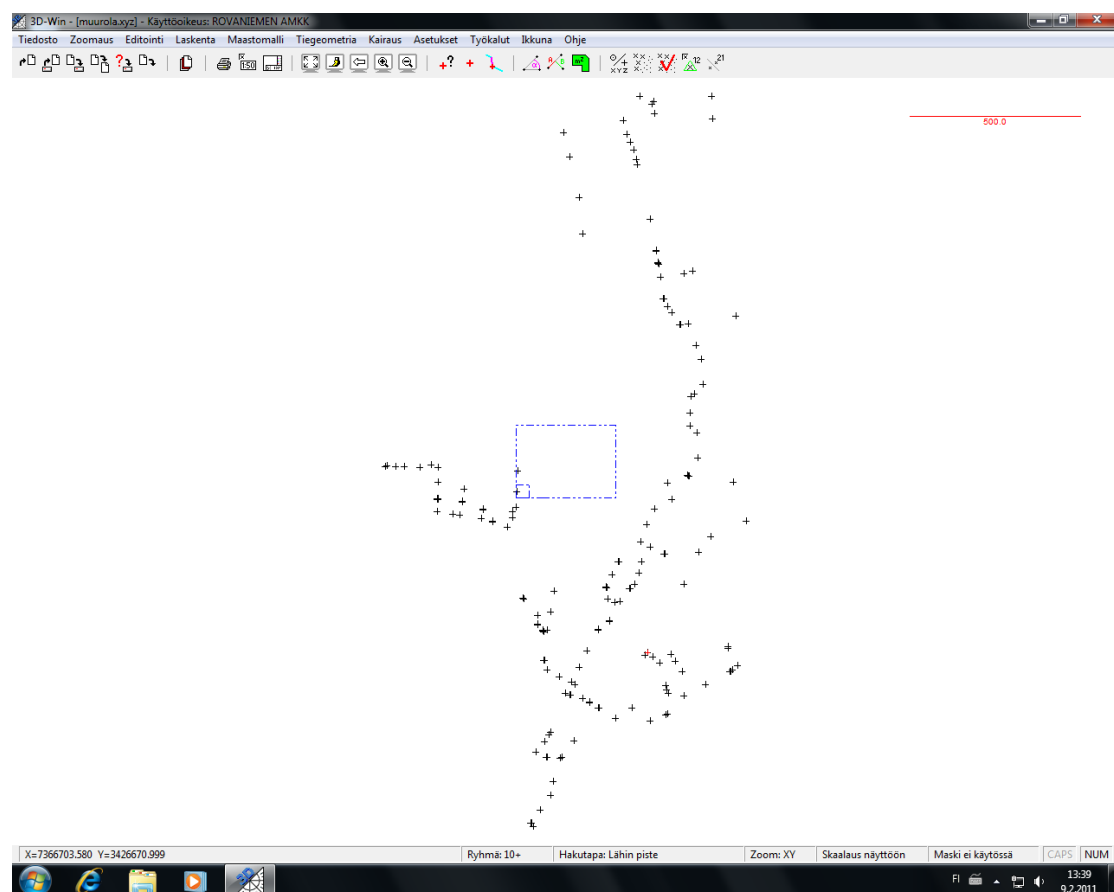
Mittauspaikalla laitoimme GPS-laitteen merkintämittaukselle ja se ohjasi meidät kaivon luo, toisaalta puusto häiritsi monesti merkintämittausta ja aikaa kului paljon kaivojen hakemisessa, koska koordinaatit eivät olleen tarkkoja. Maastotyöt tehtiin yhden viikon aikana, kyseisenä ajankohtana oli sateiset kelit, mikä hidasti työntekoa, koska paperikartat ja paperiset kaivokortit kastuivat.



Kuvio 4. Kartoitettava alue Rovaniemen Muurolassa. (Maanmittauslaitos, ammattilaisen karttapaikka, 22.12.2010)

4.1 Tiedonsiirto editointi ja tallennus

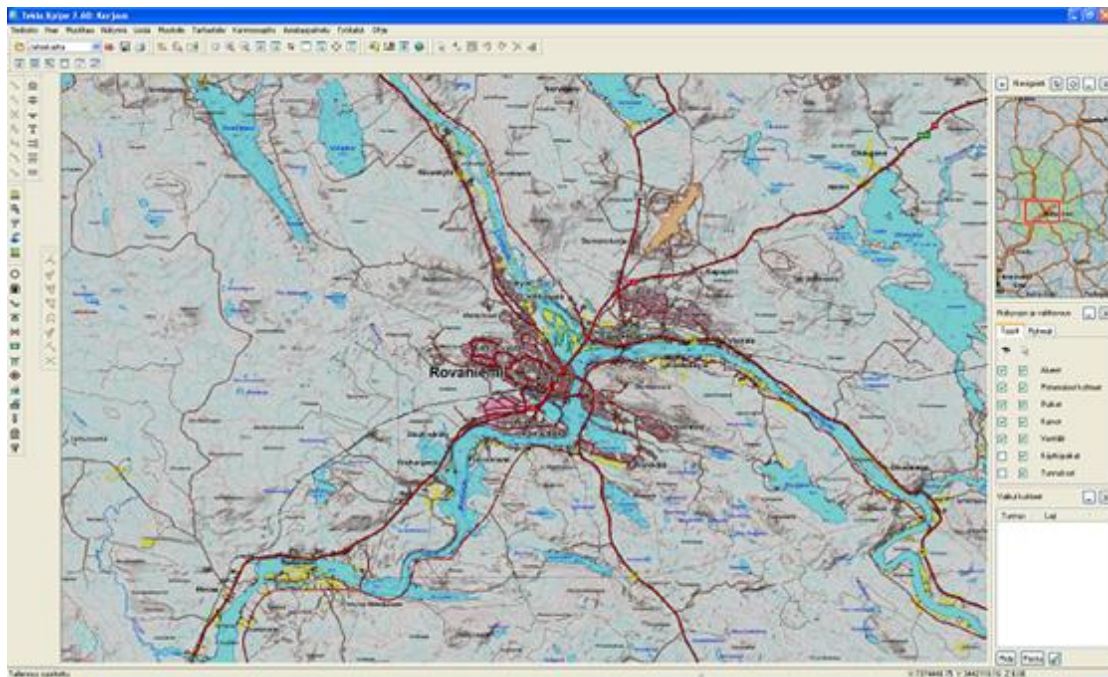
Kun mittaukset saatiin valmiiksi, ne täytyi siirtää Napapiirin veden tietokantaan ja Xpipe-ohjelmaan. Ensimmäisenä Gps-laitteen tallentimessa mitatusta työstä kirjoitettiin oma muoto, jolloin tiedoston pystyi siirtämään tietokoneelle Active Sync-ohjelmalla datakaapelin välityksellä. Toisessa vaiheessa tiedosto avattiin 3D- Win ohjelmalla, jossa tiedostoa pystyi muokkaamaan, ja poistamaan ylimääräiset pisteet (viemärikaivot ja venttiilit mitattiin useaan kertaan). Tiedosto kirjoitettiin 3D- Win ohjelmassa Xcity- formaattiin, jotta sen pystyi lukemaan Xpipe-tietokantaan.



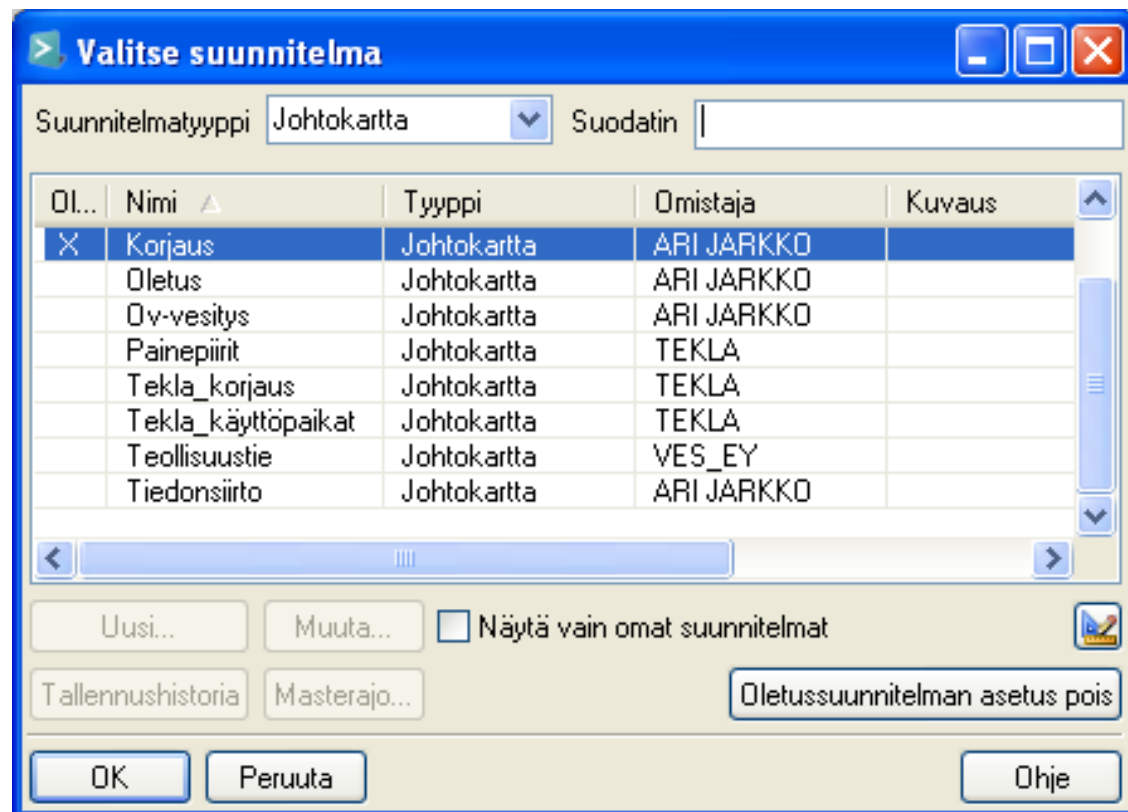
Kuvio 5. Mittaustiedosto 3D- Win –ohjelmassa. (3D –Win, 21.02.2010)

4.2 Johtokartan muokkaus ja viimeistely

Maastossa mitattu mittaustiedosto luettiin Napapiirin Veden käyttämään Teklan Xpipe-ohjelmaan, korjaus asetus valittuna ohjelmassa. Korjaus tarkoittaa kyseisessä ohjelmassa sitä, että johtokarttaan voi tehdä muutoksia ja voidaan tallentaa ne, muussa tapauksessa johtokarttaa voidaan vain lukea ja tutkia.

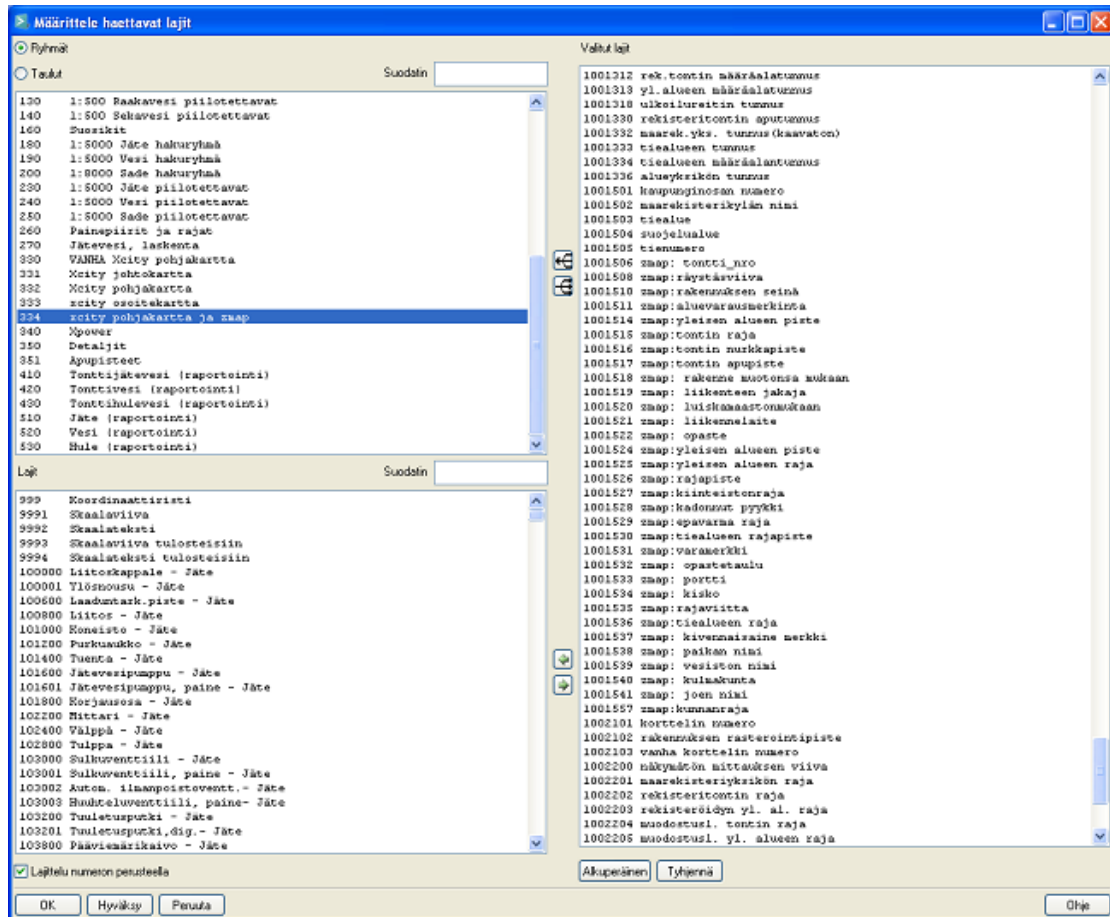


Kuvio 6. Aloitustilanne Xpipe-ohjelmassa. (Tekla Xpipe, 26.12.2010)



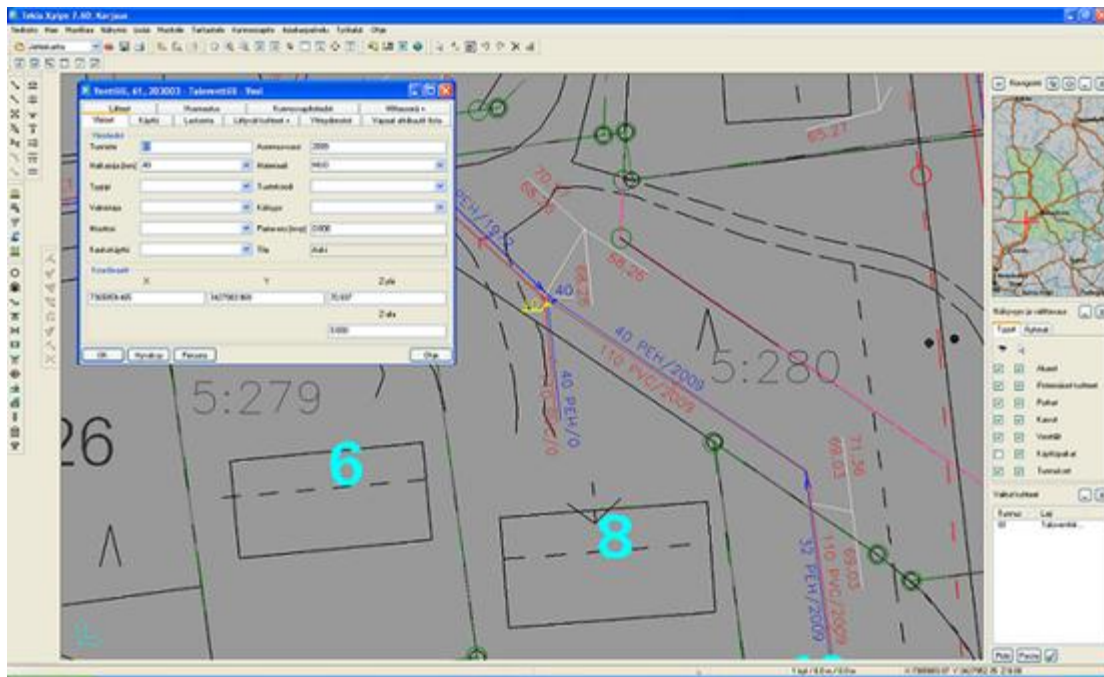
Kuvio 7. Suunnitelman valitseminen Xpipe-ohjelmassa. (Tekla Xpipe, 26.12.2010)

Seuraavaksi Xpipeen haetaan oikea pohjakartta, työssä käytettiin ”Xcity pohjakarttaa ja zmap” tiedostoa.



Kuvio 8. Pohjakartan valinta Xpipe-ohjelmassa. (Tekla Xpipe, 01.01.2011)

Kun mittautustiedosto on tuotu Xpipe -ohjelmaan, sille pitää luoda mittauseri, yleensä mitatun alueen nimi, katu tms. kuvaava ja sen jälkeen Xpipeen tuotu tiedosto voidaan tallentaa pysyvästi johtokarttaan. Mittauseriä määrätellään myös mittausajien nimet, työn hyväksyjä, vastuuhenkilö ja tärkeimpänä mittaus tarkkuus GPS:llä, tämän työn mittauksissa käytettiin 0.02m mittatarkkuutta. Tallennuksen yhteydessä mittautustiedostolle täytyi hakea tietokoneelta vastaavuustiedosto, jonka avulla ohjelma tunnistaa käytetyn koodiston. Tällä lailla kartoituksen yhteydessä käytetty koodisto saatiin sopivaksi Xpipe -ohjelman kanssa. Xpipeen tuotu mittautustiedosto sisälsi tässä vaiheessa vain venttiilien ja kaivojen ja palopostien sijaintitiedot ja korkeustiedot.



Kuvio 9. Kaivolle lisättiin yksitellen ominaisuustiedot maastossa tehdyistä kaivokorteista. (Tekla Xpipe, 01.01.2011)

Kaivokortit oli numeroitu samalla numerolla kuin niiden mittauspistenumero oli GPS mittauksessa, jotta mahdollisilta sekaannuksilta välttyttiin koska kaivoja oli noin 200. Näin varmistuttiin siitä, että kaivoille saatiin varmasti juuri oikeat ominaisuustiedot.

Kaivo, 11, 103801 - Tarkastuskaivo - Jäte

| Liitteet | Huomautus | Kunnossapitotiedot | Mittauseriä + |
|---------------------------|-----------|---------------------|---------------|
| Yleiset | Käyttö | Liittyvät kohteet + | Yhteydenotot |
| Vapaat attribuutit -lista | | | |

Yleistiedot

| | | | |
|---------------------|-----|-------------------|------|
| Tunniste | 11 | Asennusvuosi | 0 |
| Halkaisija [mm] | 800 | Materiaali | BET |
| Sisähalkaisija [mm] | | Sisämateriaali | |
| Sakkapesän tyyppi | | Sakkapesän syvyys | 0.00 |
| Malli | | Rakennetyyppi | |

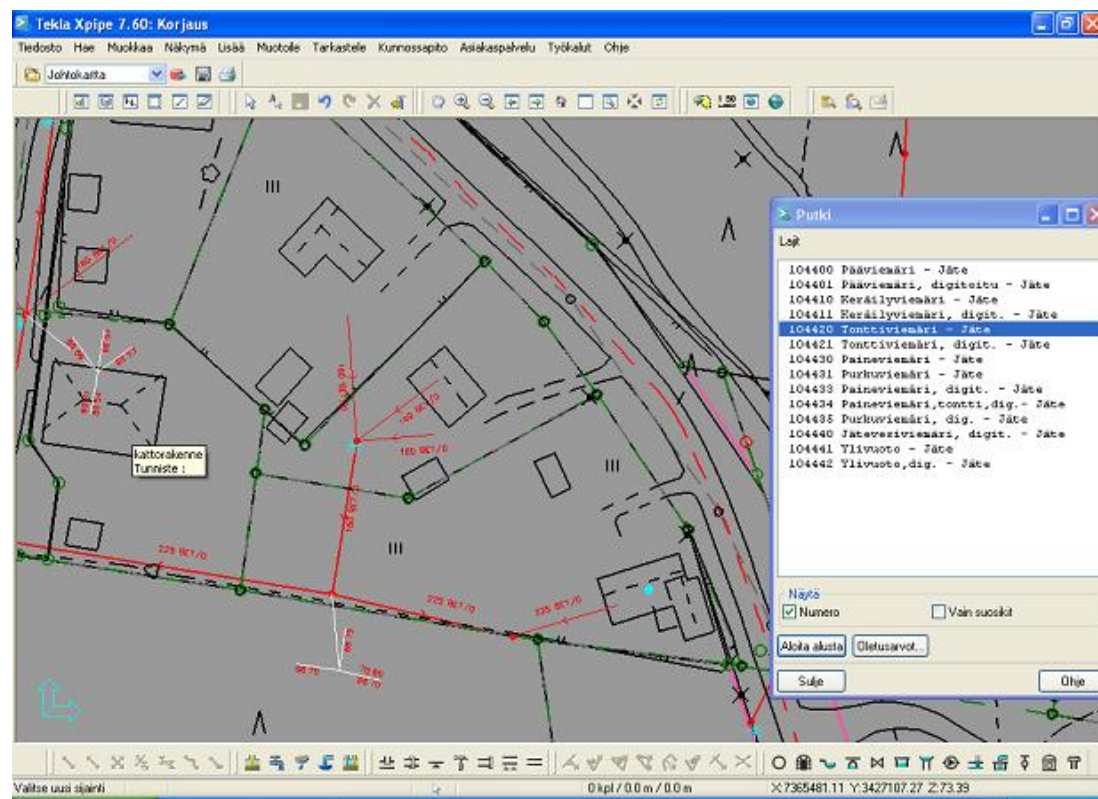
Koordinaatit

| X | Y | Z-ylä |
|-------------|-------------|--------|
| 7366384.164 | 3427428.492 | 63.925 |
| Korkeus [m] | Z-ala | |
| 2.68 | 61.245 | |

OK Hyväksy Peruuta Ohje

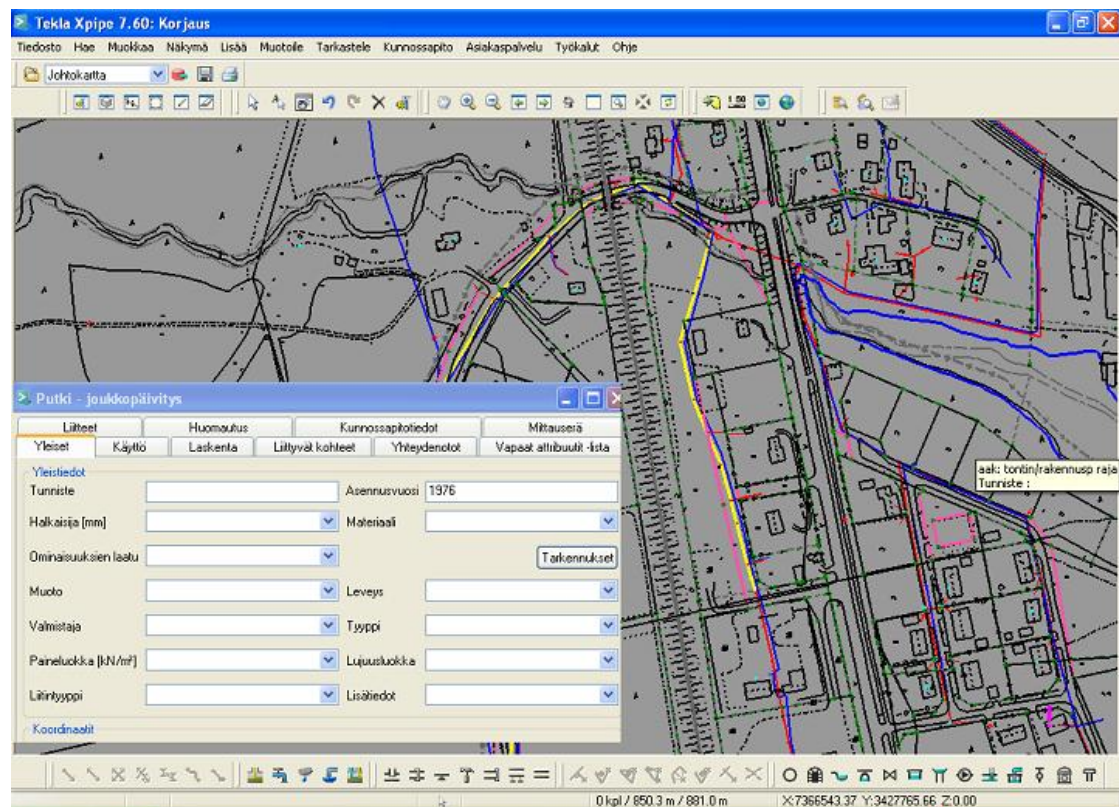
Kuvio 10. Kaivokortti Teklan Xpipe ohjelmassa. (Tekla Xpipe, 01.01.2011)

Sen jälkeen kuin ominaisuustiedot oli syötetty kaikkiin kaivoihin, voitiin alkaa piirtää kaivojen ja venttiilien ja palopostien välille putkilinjat.



Kuvio 11. Johtokartan piirtäminen Xpipe-ohjelmassa. (Tekla Xpipe, 08.01.2011)

Sitten kuin putkilinjat oli piirretty, ohjelma laski automaattisesti putkille virtaussuunnat kaivoille mitattujen korkeuskoordinaattien perusteella, virtaussuunnat näkyvät nuolina putkissa kaivojen välillä. Kun viemäriputket oli piirretty kaivojen välille ja vesijohdot venttiilien ja palopostien välille, voitiin putkille alkaa syöttämään ominaisuustietoja. Tämä tehtiin käyttäen ohjelmassa olevaa joukkopäivitys toimintoa. Joukkopäivityksessä putkille määritettiin halkaisija ja materiaali. Vesijohdoille ei pystytty määrittämään materiaaleja tai halkaisijaa, koska venttiilien ja palopostien perusteella niitä ei voi määrittellä. Lopuksi tiedot tallennetaan aikaisemmin määritettyyn mittauserään.



Kuvio 12. Joukkopäivitys toiminto Xpipessä. (Tekla Xpipe, 08.01.2011)

4.4 Trimble R8 GNSS – GPS –mittalaitteisto

Käytimme mittaustyössä Napapiirin Veden Trimble R8 GNSS -mittalaitteistoa, joka koostuu vastaanottimesta, sauvasta ja tallentimesta. Vastaanottimen ja tallentimen välinen kommunikaatio on toteutettu langattomalla Bluetooth -tiedonsiirtoyhteydellä. Kyseinen malli toimii Trimblen VRS -järjestelmässä. VRS -järjestelmässä mittaja on yhteydessä GSM-verkon välityksellä laskentakeskukseen, joka laskee mittajalle oman, paikallisen virtuaalitusseman mitta-alueelle. Näin ei tarvitse pystyttää erillistä tukiasemaa mittausta varten.

Mittaus aloitettiin Murolassa perustamalla työ ja alustamalla GPS – laite, jolloin laite muodostaa yhteyden laskentakeskukseen, jonka jälkeen mittaus voidaan aloittaa. Napapiirin vedellä oli käytössään koodisto, jossa esimerkiksi 8712 numerosarja tarkoittaa taloventtiiliä ja 8811 viemärikaivoa. Mittauksissa käytettiin näitä Napapiirin Veden määrittämiä koodeja mitatuille kohteille.

Käytännön mittaaminen laitteistolla on helppoa ja vaivatonta, kun laite toimii kuin

pitää. Pelkän mittauksen suorittamiseen riittää yksi henkilö, koska mittalaitteisto on kevyt ja sen kanssa on helppo kulkea vaikeammassakin maastossa. Monesti kuitenkin puusto ja maaston peitteisyys häyttivät signaalin kulkua vastaanottimen ja satelliittien välillä mikä hidasti mittauksia. Muutamia kertoja myös tukiaseman korjaussignaali sulkeutui odottamatta, jolloin laite jouduttiin käynnistämään ja alustamaan uudelleen. Välillä laite ei saavuttanut riittävää tarkkuutta kohdetta mitattaessa, jolloin saatettiin joutua odottamaan kauan tai mittaamaan kohde myöhemmin uudelleen. Tämä saattaa esimerkiksi johtua satelliittien huonosta sijainnista suhteessa vastaanottimeen.

Mittauksissa pyrittiin saavuttamaan 0.02m tarkkuuden korkeuden ja sijainnin suhteen, joka on toleranssina Napapiirin Vedellä. Toleranssi määritettiin manuaalisesti laitteeseen, jolloin laite ei tallentanut mittaushavaintoa ennen kuin saavutti määritetyn toleranssiarvon. Erityisesti tarkkailtiin korkeuskoordinaatteja, koska ne ovat tärkeimpiä viemäri ja vesijohtokarttojen tiedoissa, koska niiden mukaan määräytyy virtaussuunnat. Laitteiston tarkkuus varmistettiin mittaamalla muutaman tunnetun pisteen maastotöiden aikana.

5 Saneerausluokkien määrittäminen

Saneerausluokkia voidaan määrittellä eri tavoin. Kuntoindeksin perusteella huomioidaan johdon merkitys järjestelmässä, liittyjien määrä ja tärkeys, johdon rakenteellinen kunto, johdon toiminnallinen kunto, johdon vuotavuus. Jokainen edellä mainittu kohta voidaan esimerkiksi arvostella eri painokertoimin asteikolla 1-4 ja mitä suurempi luku painotetun arvostelun perusteella saadaan sitä kiireellisempi saneerausluokitus määritetään arvioitavana olevalle verkostolle. Tällaisen arviointitavan järkevä käyttö edellyttää Xpipe-ohjelman tai vastaavan käyttöä, koska niin moni asia täytyy huomioida saneerausluokkaa määriteltäessä.

Tällä hetkellä Napapiirin Veden saneerausluokitusperuste on verkoston ikä ja tulevaisuudessa saneerausperusteita kehitetään esimerkiksi ottamalla huomioon maaperä- ja vikatiheystietoja.

Napapiirin Veden saneerausperusteet

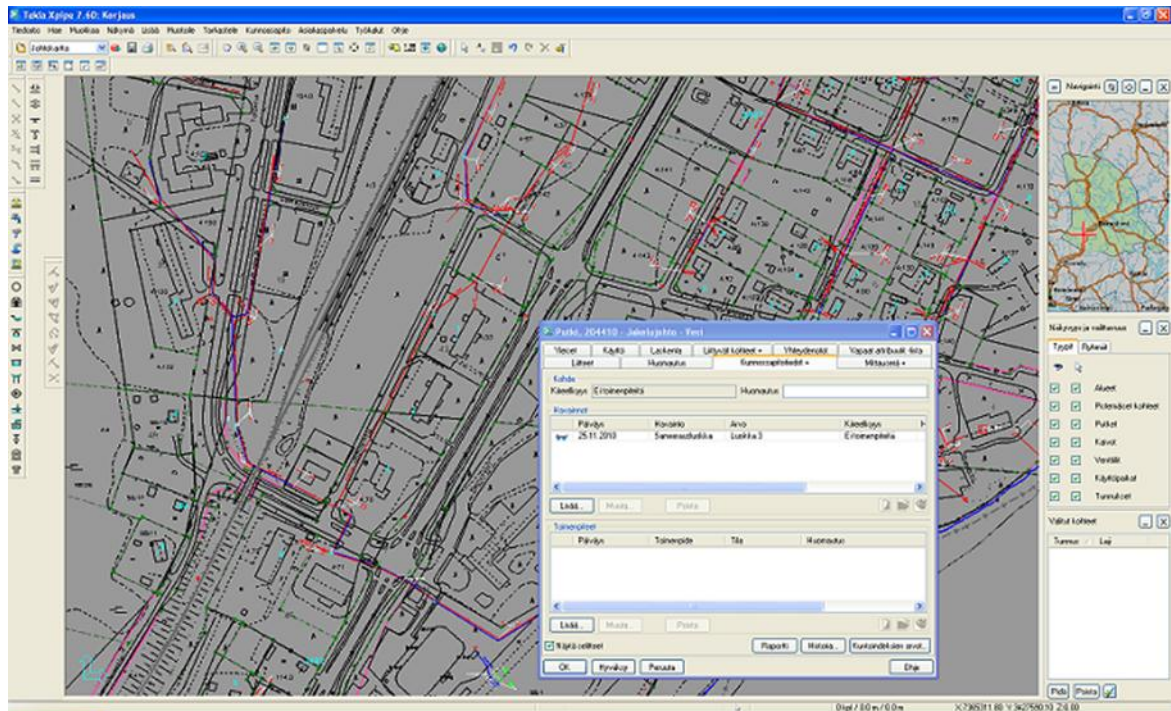
Luokka 1: 50 vuotta vanhemmat = asennusvuosi \leq 1959

Luokka 2: 40-50 vuotta vanhat = vuosina 1960- 1969 rakennetut putket

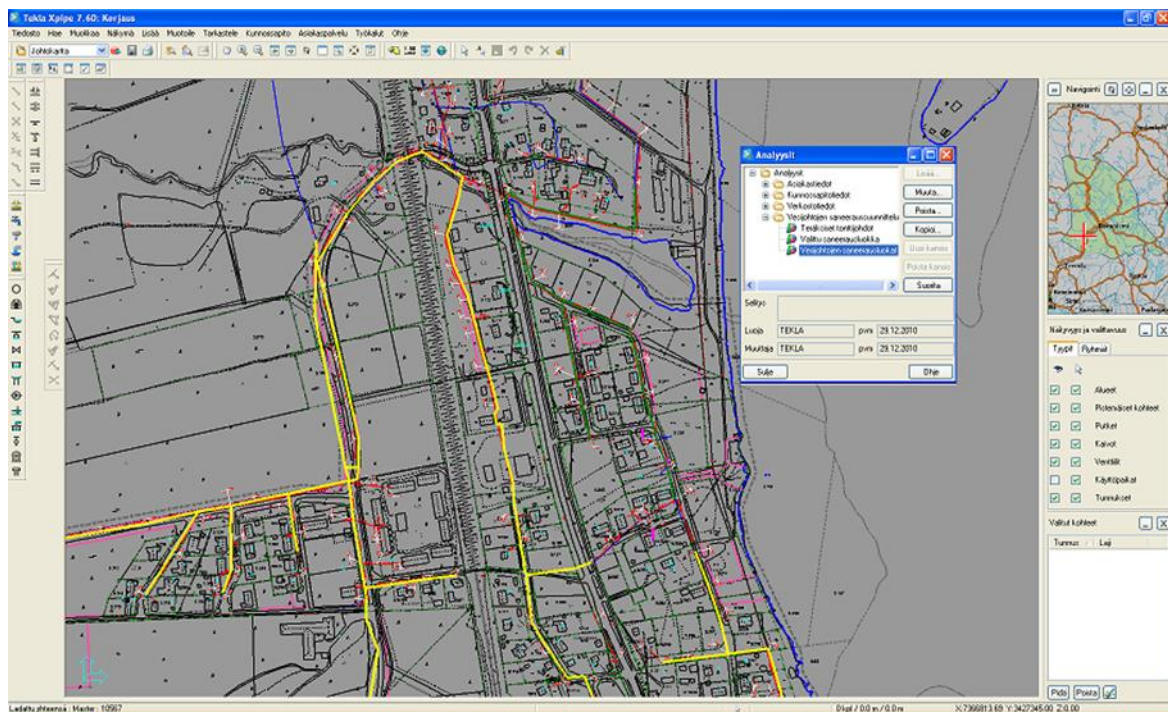
Luokka 3: 30-40 vuotta vanhat = vuosina 1970- 1979 rakennetut putket

Luokka 4: 20-30 vuotta vanhat = vuosina 1980- 1989 rakennetut putket

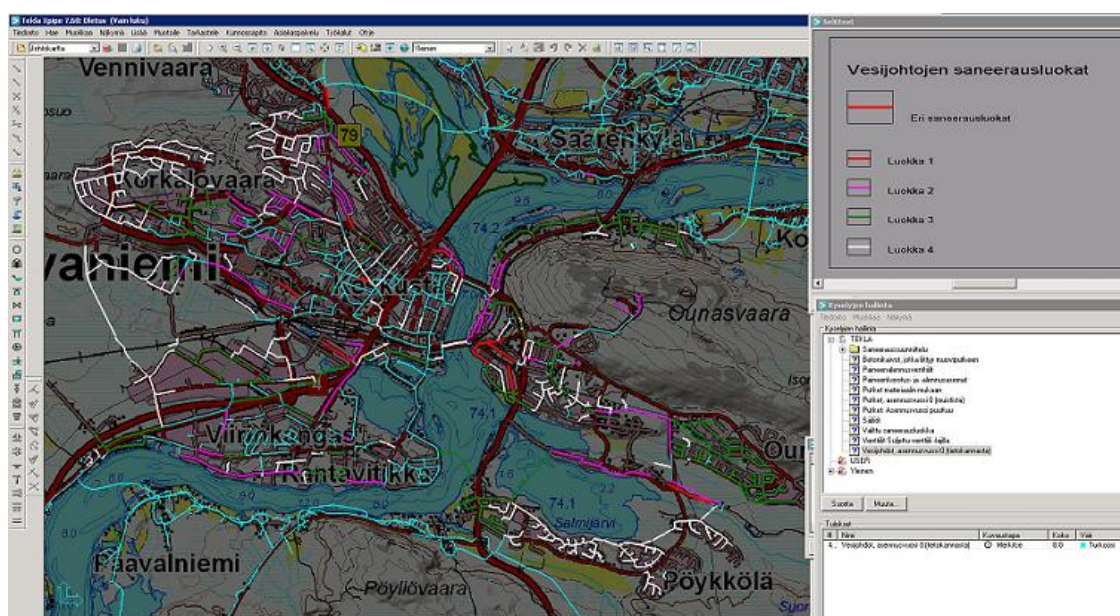
Tätä uudemmille putkille saneerausluokkaa ei määritetä.



Kuvio 13. Esimerkki saneerausluokan määrittämisestä. (Tekla Xpipe, 08.01.2011)



Kuvio 14. Kuvassa keltaisen ja vihreän väriset putkistot kuvaavat eri saneerausluokkaan kuuluvia verkostoja. (Tekla Xpipe, 08.01.2011)



Kuvio 15. Kartta Rovaniemen keskustan alueen verkostojen saneerausluokista. (Tekla Xpipe, 08.01.2011)

6 Erilaisia vesi ja viemäriverkon saneerausmenetelmiä

6.1 Saneeraustavat

Vesi ja viemäriverkkoa voidaan saneerata periaatteessa kahdella tapaa. Joko vaihtamalla putket, kaivot, venttiilit, kaikki tarvittavat osat uusiin vanhojen tilalle, tai sitten viemäri ja vesiputket sujutetaan ja betonikaivoihin laitetaan muoviset kaivot sisälle ja täytetään välitilat hiekalla. Uusia putkia vaihdettaessa joudutaan kaivamaan vanhat putket esille, mutta sujutuksen etu on että vältetään kaivamiselta.

| Menetelmä | Vietto- viemärit | Paine- viemärit | Vesi- johdot | Kaasu- putkistot | Kiinteis- töt |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| Omega-Liner-muotoputkisujutus | * | | | | * |
| Flexoren-sujutus | * | | | | * |
| Brandenburger-sukkasujutus | * | | | | * |
| Saertex-Liner-sukkasujutus | * | | | | * |
| MaxiLine-pätkäsujutus | * | | | | * |
| Pakkosujutus | * | * | * | * | * |
| Ohjattava vaakaporaus | * | * | * | * | * |
| Pitkäsujutus | * | * | * | * | * |
| Korjauskaivot | * | | | | * |

Taulukko 1. Sujutusmenetelmien soveltuvuus. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)

6.2 Omega-Liner –muotoputkisujutus

Tässä sujutusmenetelmässä käytetään Uponorin valmistamaa Omega-Liner-putkea, joka sujutetaan viemärikaivon kautta viemäriin. Sujutettu putki pyöristetään paineen ja lämmön avulla vanhan putken sisäpintaa vasten. Tuloksena on aina koko kaivonvälin mittainen yhtenäinen putkilinja jonka virtausominaisuudet yleensä paranevat. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

Ilman kaivamista tapahtuva saneeraus on nopea, taloudellinen ja ympäristöystävällinen verrattuna perinteiseen kaivamiseen perustuvaan putkien uusimiseen. Yhdellä putkivedolla voidaan sujuttaa useita kaivonvälejä kerrallaan jonka jälkeen putki katkaistaan kaivossa. Esimerkiksi taloliittymäkohtien paikallistaminen ja avaaminen tapahtuu putken sisällä kulkevan ja porarobotin avulla, jossa on kamera. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

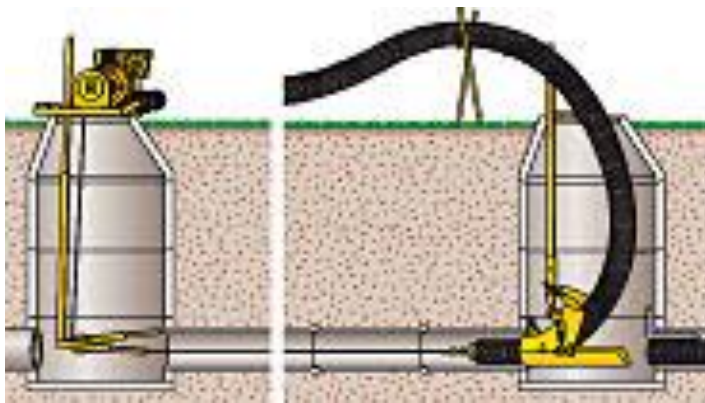
Omega-Liner-menetelmällä saneerattu viemäri on vankka ja suuria kuormituksia kestävä, koska putkia on kaksi päällekkäin. Putkien kokovalikoima käsittää 11 putkikokoa 100 mm:stä aina 450 mm:iin saakka. Tätä saneerausmenetelmää käytetään vain runkoviemäreitä saaneerattaessa. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)



Kuvio 16. Kuva Omega - liner sujutuksesta viemärikaivosta katsottuna. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

6.3 Flexoren-sujutus

Toisena sujutusmenetelmänä on Flexoren-sujutus, joka on vuodesta 1990 käytetty viettoviemäreiden saneerausmenetelmä. Menetelmässä käytettävät, yhtenäisiksi koko kaivonvälin mittaisiksi hitsatut Flexoren-putket sujutetaan vanhaan viemäriin kaivojen kautta. Nopeasti asennettava Flexoren on edullinen vaihtoehto etenkin pitkien linjojen saneeraukseen. Flexoren-sujutus soveltuu paineettomien, kokoluokaltaan 100-300 mm:n viemäreiden saneeraukseen. Uuden viemärin sisähalkaisija pienenee koska se asennetaan vanhan sisälle, mutta paremmat virtausominaisuudet ja hyvä itsepuhdistuvuus kompensoivat sen. Flexorenilla saneerataan myös kiinteistöjen ja pääviemärin väliset putkistot. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)



Kuvio 17. Flexoren -sujutuksen periaatekuva. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

6.4 MaxiLine-pätkäsujutus

Kolmantena saneerausmenetelmänä on MaxiLine-sujutus, jossa kaivosta käsin liitetään polypropeenisiä muoviviemäreitä peräkkäin lyhyinä pätkinä vanhan viemärin sisälle. Hydraulinen asennustyökalu mahdollistaa jopa satojen metrien sujutuksen yhdellä kertaa, jos viemärikaivossa meno ja tulo virtausputki on samalla korkeudella ja 180 asteen kulmassa tulevaan uuteen putkeen. MaxiLine-menetelmässä käytettävät putkikoot ovat 110-450 mm. Menetelmä soveltuu vain viemärilinjojen saneeraukseen. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)



Kuvio 18. Teoriakuva MaxiLine -pätkäsujutuksesta. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

6.5 Pakkosujutus

Neljäntenä sujutusmenetelmänä on pakkosujutusmenetelmä, jota käytetään huonokuntoisissa linjoissa, joissa putkikokoa halutaan jopa suurentaa. Aukileikkaavassa pakkosujutuksessa saneerattava putki kaivetaan yhdestä kohtaa esiin ja katkaistaan. Edellä kulkeva pakkosujutuskone leikkaa vanhan putken ja vetää työkalun perässä tulevan uuden muoviputken vastaanottokaivannosta alkukaivantoon. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

Yhtenäistä putkea käytettäessä pakkosujutus soveltuu sekä paineettomien että paineellisten vesi- ja viemäriputkistojen saneeraukseen. Menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi betoni-, asbestisementti- sekä valurautaputkien saneerauksessa. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)



Kuvio 19. Periaatekuva Pakkosujutuksesta. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)

6.6 Ohjattava vaakaporaus

Viidentenä saneerausmenetelmänä on ohjattava vaakaporaus. Menetelmä mahdollistaa vanhan putken käytön asennusaikana. Uuden putken asennuksen seuranta tapahtuu porapäässä olevan lähettimen ja maan pinnalla olevan paikannuslaitteen avulla, josta huomataan mahdolliset asennukseen liittyvät ongelmat. Menetelmä on käyttökelpoinen alueilla, joita ei voida/haluta kaivaa, kuten esim. vesistöjen alitukset, rakennusten alitukset, asfaltoidut alueet jne. Soveltuu vesijohtojen, paineviemäreiden ja kaasuputkien saneeraukseen ja myös uudisrakentamiseen. (Nordic Renovation Group, 03.01.2011)



Kuvio 20. Ohjattava vaakaporauksen periaatekuva. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)

6.7 Pitkäsujutus

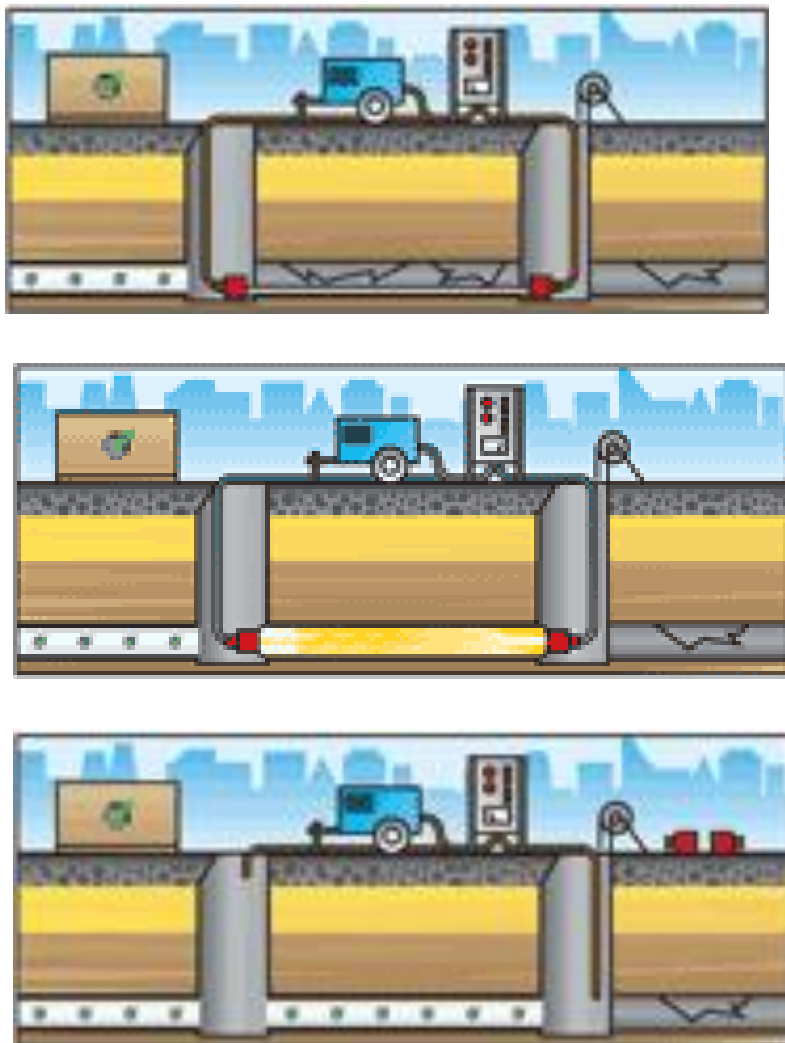
Kuudes saneerausmenetelmä on pitkäsujutus. Saneerattavan putken sisään vedetään uusi putki, joka on halkaisijaltaan saneerattavaa putkea pienempi. Kaivannot tehdään sujutuksen alkupäähän sekä putkeen tehtävien haaroitusten kohdalle. Tämä saneeraustekniikka soveltuu paine-, viettoviemäreiden sekä vesijohtojen ja kaasuputkien saneeraukseen. Virtauskapasiteetti pienenee putken sisähalkaisijan pienentyessä. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)



Kuvio 21. Pitkäsujutuksen periaatekuva. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)

6.8 Saertex-Liner -sukkasujutusmenetelmä

Seitsämäs saneerausmenetelmä Saertex-Liner-sukkasujutusmenetelmä perustuu ommelvahvisteiseen Advantex-lasikuidusta valmistettuun monikerrossukkaan, joka on tehty useista kerroksista ommelvahvisteista lasikuitukangasta. Saertex-Liner-menetelmällä saneerattu viemäriputki on pitkäikäinen ja sillä on erittäin hyvät mekaaniset ominaisuudet. Seinämän paksuus on halkaisijasta riippuen 3-15 millimetriä. Saertex-Liner voidaan kovettaa yhtä hyvin vesihöyryllä kuin UV-valollakin. Molempien menetelmien etuja ovat vähäinen energian tarve, käsin liikuteltava laitteisto sekä lyhyt kovettumisaika. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)



Kuvio 22. Periaatekuva Saertex-Liner -sukkasujutusmenetelmä (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)

6.9 Brandenburger-sukka

Kahdeksantena sujutusmenetelmänä on Bradenburger –sukka. Se on suuren lasipitoisuutensa ansiosta se on todella vahva ja pitkäikäinen. Näiden vahvuuksien ansiosta se soveltuu pahasti vaurioituneiden putkien sujutukseen. Brandenburger - lasikuitusukat ovat kevyitä, kestäviä ja venymiskykyisiä. Erityisesti kehitetty lasikuiturakenne mahdollistaa tasaisen venymisen koko putken kehällä. Brandenburger –sukan etuihin kuuluu myös asennusnopeutensa vuoksi sen edullisuus ja saneerattavan viemärin saaminen nopeasti takaisin käyttöön. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)



Kuvio 23. UV-valolla kovetettava Brandenburger-lasikuitusukka. (Nordic Renovation Group, 04.01.2011)

7 Haastattelututkimus

7.1 Kysely

Lähetimme kyselyn 25 suurimpaan kuntaan liittyen saneerauksiin. Haimme vastauksia seuraaviin kysymyksiin, joista teimme yhteenvedon. Vastauksia saimme kuusi kappaletta.

Mielenkiintomme heräsi tutkiessa erilaisia saneeraustapoja mitä etsimme kirjoista ja internetistä. Tutkimme saneeraustapoja Amerikkaa ja Eurooppaa myöten ja mieleemme heräsi ajatus kyselystä ympäri Suomen liittyen vesilaitosten saneerauksiin. Kysymykset ja vastaukset löytyvät liitteistä.

7.1.2 Päätelmät sähköpostivastauksista

Vastauksista voidaan todeta, että karkeasti arvioiden ennen 2000 lukua vesi, viemäri ja sadevesiputket uusittiin kaivamalla vanhat pois ja laittamalla uudet tilalle. Vähitellen ollaan muuttamassa saneerausmenetelmiä kaivamattomiin menetelmiin eli on alettu käyttää erilaisia sujutus- ja pinnoitus-menetelmiä. Tähän on syynä uudempien menetelmien kustannustehokkuus. Vaikeissa kohteissa missä kaivaminen on hankalaa sujutusta käytetään enemmän. Myös voi todeta, että tulevaisuudessa kaivaminen saneerauksia tehtäessä vähenee ja erilaiset sujutusmenetelmät yleistyvät. Vastauksista saimme sellaisen kuvan, että saneerauksia pitäisi tehdä paljon enemmän kuin niitä tehdään, johtuen resurssien vähydestä ja tietenkin Suomen pohjoisesta sijainnista.

Xpipe on käytössä puolella vastaajista, yleisesti suurimmissa kunnissa asukasluvultaan Xpipe näyttäisi olevan käytössä. Xpipestä on ollut huomattavasti hyötyä käyttäjilleen. Sinne voi tarkasti tallentaa verkostoihin liittyviä ominaisuustietoja esimerkiksi johdon rakenteellinen, toiminnallinen kunto sekä vikatiheys. Xpipestä voi myös helposti todeta liittymien määrät pääviemäriin, jonka perusteella saneeraustärkeyttä määritetään myös. Tulevia saneerauksia voidaan myös suoraan suunnitella Xpipen saneerausluokitusten avulla.

7.2 Napapiirin Veden verkostopäällikön haastattelu

Lisätiedon saamiseksi haastateltiin myös kasvotusten Napapiirin Veden verkostopäällikköä Jukka Tiuraniemeä koskien saneerauksia ja Xpipeä. Kysymykset ja vastaukset löytyvät liitteestä 3.

Päätelmät Tiuraniemen haastattelusta

Tiuraniemi kertoo sujutuksen olleen käytössä Rovaniemellä 1980 –luvulta lähtien ja sitä käytetään vaikeimmissa kohteissa joissa ei kannata kaivaa katuja auki, esimerkiksi kaupungin keskustassa. Tiuraniemen mukaan sujutukseen liittyy paljon ongelmia ja käytännön esimerkit muuttivat meidänkin mielipidettä sujutuksen erinomaisuudesta kun saimme ensin kyselyn vastaukset ja niistä tuli positiivisempi mielikuva. Sujutukseen tarvitsee täydelliset lähtötiedot verkoston ominaisuuksien osalta ja jälkiliittyminen on hankalaa ja sujuttaminen ei käytännössä onnistu yli 10 asteen pakkasessa (muun muassa Flexoren).

Sujutukseen liittyy monia ennalta arvaamattomia ongelmia, jonka vuoksi on varmempaa tehdä saneeraukset kaivamalla vanhat putket pois ja laittamalla uudet tilalle. Sujutuksen käyttö onkin vähentynyt 2000 luvulla Napapiirin Vedellä.

Napapiirin Vesi hankki Xpipe-ohjelman 2000-luvun alussa ja ohjelma on ollut todella hyödyllinen verkoston hallinnassa.

8 Päätelmät

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin toimeksiantajalle eli saneerausluokitus vesijohdoille saatiin tehtyä Napapiirin Veden Xpipe-tietokantaan Muurolan asemakaava-alueella. Valitettavasti Napapiirin Vesi ei tehnyt luokitusta viemäreiden osalta ainakaan vielä, mutta viemäreille laitettiin asennusvuodet ja ominaisuustiedot, joten tulevaisuudessa viemäreille on helppo tarvittaessa määrittää saneerausluokat. Lisäksi opinnäytetyön tekijät oppivat verkostojen saneerauksista paljon uutta tietoa selvittäessään eri saneeraustapoja internetistä ja kirjoista sekä haastattelututkimuksien välityksellä.

Olemme kumpikin olleet Napapiirin Vedellä kesätöissä ja yksi työn osa on ollut kartoittaa vesi-, viemäri- ja sadevesiverkostoa Rovaniemen kunnan alueella ja ilman tätä työkokemusta tämän insinöörityön maastotyöt olisivat varmasti tuottaneet ongelmia. Vaikean maaston vuoksi (puusto) mittaus olisi tuottanut ongelmia, jos käytössä olevasta mittalaitteistosta ei olisi ollut käyttökokemusta. Lisäksi ongelmia olisi tuottanut suuri kartoitettava alue. Koska ominaisuustietoja ja kartoitettavia kohteita oli paljon ja tietomäärä oli suuri paperimuodossa niin sen hallinta maastossa ja myöhempi editointi ja siirtäminen Xpipe-tietokantaan olisi tuottanut ongelmia asiaan aikaisemmin perehtymättömälle.

Saneerauksia tehtäessä pitää tapauskohtaisesti miettiä kustannusten kannalta tarkoituksenmukainen menetelmä. Sujutustapoja on monenlaisia ja eri hintaisia, joten jos sujuttamaan aletaan niin voi olla ongelmallista valita oikea sujutusmenetelmä. Koska sujuttamiseen liittyy monia ongelmatekijöitä ja riskejä, niin perinteinen putkistojen uusiminen on varmempi menetelmä ja työn kustannuksia on helpompi hallita ja ennustaa.

Lähteet:

Maanmittauslaitos 2010. GPS-mittaus. Osoitteessa

<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus> 24.12.2010

Napapiirin Vesi 2010. Rovaniemen veden kehitys. Osoitteessa

[http://www.napapiirinvesi.fi/Napapiirin Vesi/Suomeksi/Etusivu.iw3](http://www.napapiirinvesi.fi/Napapiirin%20Vesi/Suomeksi/Etusivu.iw3) 29.09.2010

Nordic Renovation Group 2011. Viemäreiden saneeraus. Osoitteessa

<http://www.nrgroup.fi/main.php?id=52&viemarit> 01.01.2011

Tekla 2010. Verkkotietojärjestelmä vesi- ja viemäriverkoston hallintaan. Osoitteessa

<http://www.tekla.com/fi/products/tekla-xpipe/Pages/Default.aspx> 01.11.2010

Tikka, Martti 1991. Käytännön Geodeesi 1. Mittaustekniikan perusteet ja rakennusteknilliset sovellutukset. 495. Kolmas kirjattu painos. Kyriiri Oy, Helsinki.

Liitteet

Liite 1:

Kysymykset

Millä tavalla olette saneeranneet vesi ja viemäri putkistoja kaupungissanne/kunnassanne?

Miten saneerausmenetelmät ovat kehittyneet kaupungissanne/kunnassanne?

Käytättekö Teklan Xpipe -ohjelmaa kaupungissanne/ kunnassanne? jos kyllä, onko teillä käytössä saneerausluokat? jos on niin millä perusteella määrittelette ne ja onko määrittelyistä ollut käytännön hyötyä putkistoja saneerattaessa?

Liite 2:

Vastaukset

Terveisiä etelärannikolta. Tässä lyhyet vastaukset kysymyksiinne. Porvoossa johtoja saneerattiin vielä 1980- ja 1990-luvuilla lähes yksinomaan tavanomaisin menetelmin (muut saneerausmenetelmät olivat silloin poikkeukselliset), eli johdot korvattiin uusilla kaivamalla. Samalla vanha sekavesiviemäri korvattiin erillisviiemäreillä (erillinen sadevesiviemäri). Tapa on tietysti vieläkin vallitseva varsinkin silloin, kun kaikki johdot joudutaan uusimaan samalla kertaa, eikä liikenteen ohjaaminen tuota vaikeuksia (katuosoudet ovat helposti suljettavissa liikenteeltä).

- Klas Andersson Porvoon vesi

Tässä lyhyesti meidän tietoja:

Kymen Vesi Oy toimii kolmen kunnan eli Kotkan, Kouvolan (ent. Anjalankosken alue) ja Pyhtään alueella.

Saneeraus tehdään kaivamalla ja asentamalla uudet putket kohteissa, joista puuttuu hulevesiviemäri.

Lisäksi vesijohtoja on betonoitu, sujutettu peh-putkella tai muotoputkella.

Viemäreitä on sujutettu Flexorenilla, pätkäputkella, peh-putkella ja muotoputkella. Joku sukkasujutuskohdekin löytyy.

- Matti Haikonen Kymen Vesi Oy

Vesijohtoja on saneerattu kaivamalla auki, betonoimalla, muotoputki- ja pakkosujutuksella. Tonttijohdot uusitaan pääasiassa sujuttamalla pienempi putki vanhan sisään. Viemäreitä on uusittu pitkä- ,pätkä- ja sukkasujutuksilla sekä kaivamalla auki.

Kaivamattoman tekniikan käyttöön pyritään entistä enemmän kohteissa, joissa katupuoli ei lähde saneeraukseen mukaan. Hommat mietitään tapauskohtaisesti.

Olemme saneeranneet vesijohtoja uudelleenrakentamalla ja sujuttamalla. Sujutusta on tehty sukkasujuttamalla ja pitkäsujuttamalla. Viemäreitä olemme saneeranneet uudelleenrakentamalla, ja sujuttamalla. Viemärisujutusta on tehty kuten vesijohdonkin sulutusta ja lisäksi pätksujutuksena ja pakkosujutuksena. Viemärikaivoja on saneerattu uusimalla, muovittamalla betonikaivoja ja betoniruiskupinnoittamalla.

- Kari Pellikka Oulun Vesi

Kaivamalla, sujuttamalla ja kaivamattomilla menetelmillä. Kaivamattomat menetelmät ovat lisääntyneet.

- Pekka Laakkonen Tampereen Vesi

- kaivamalla eli uusitaan kaikki putket. Usein syynä kaivamiseen on hulevesiviemäröinnin puute ja samalla kaivutyöllä saadaan kaivantoon uusittua myös vesijohto ja jätevesiviemäri

- kaivamattomat menetelmät (NoDig) = pitkäsujutus, pakkosujutus, pätksujutus, sukkasujutus, muotoputkisujutus, vaakaporaus, kaivojen Betonointi.

Pekka Kaikkonen

rakennuttamisinsinööri, Lahti Aqua Oy

- Emme käytä Teklan Xpipe ohjelmaa.

Klas Andersson Porvoon Vesi

- Emme käytä Xpipeä.

Matti Haikonen Vesihuoltopäällikkö

Kymen Vesi Oy

-Xpipe ei ole meillä käytössä.

Sami Väisänen Lappeenrannan Vesi

-Kyllä käytämme, saneerausluokkina käytämme kuntoindeksin arvoa, hyötynä on saman "arvoisten putkien" saneeraus tärkeyden määrittämisessä.

Pekka Laakkonen Tampereen Vesi

- Olemme juuri hankkimassa Xpipe ohjelmistoa.

Kari Pellikka

Verkostopäällikkö

Oulun Vesi

- Xpipe on aktiivisessa käytössä yhtiössämme.

- kuntotietoja käytetään vuodoissa, tukoksissa ja kaivojen kunnon määrittelyissä. Varsinaista saneerausluokittelua ei ole käytetty ja se tulee "jollain" mallilla tulevaisuudessa käyttöön omaisuudenhallintaan liittyen -> omaisuudenhallinta ominaisuus tulossa käyttööme helmikuussa 2011 Xpipeen uutena ominaisuutena (vaihe 1), jota käytetään saneerausohjelmien laadintaan jatkossa

- kuntotiedot ovat arvokasta tietoa verkoston kuntoon liittyen ja auttaa meitä tarkastelemaan mm. tietyn materiaalin ja ikäisen putken elinkaarta. Myös viemärien tv-kuvaukset viedään järjestelmällisesti Xpipeen, josta nähdään putkien kuntoa yms. tietoja.

Pekka Kaikkonen

rakennuttamisinsinööri

Lahti Aqua Oy

- Kuntoindeksiin huomioidaan:

Johdon merkitys järjestelmässä

Liittyjien määrä ja tärkeys

Johdon rakenteellinen kunto

Johdon toiminnallinen kunto

Johdon vuotavuus

Jokainen kohta arvostellaan asteikolla 1-4 ja kohdille on annettu painokertoimet
Mitä suurempi luku sitä kiireellisempi saneeraus on kyseisellä johto osuudella

Johdon rakenteellisia, toiminnallisia ja vuotavuus tietoja syötetään Xpipeen sitä
mukaan kun niitä saadaan

Johdon merkitys ja liittyjien määrä on jo syötetty Xpipeen.

Pekka Laakkonen Tampereen Vesi

Liite 3:

Napapiirin Veden verkostopäällikkö Jukka Tiuraniemen haastattelu

Miten on saneerattu Rovaniemellä? Saneeraustavat? Kuinka kauan on putkia saneerattu sujuttamalla?

Kun teemme yhteistyötä yhdyskuntatekniikan kanssa saneeraamme kaivamalla ja uusimalla putket. Yleisemmin myös vaihdamme putket ja harvemmin sujutamme. Sujutukseen liittyy monia ongelmia, jos vesijohtotonttiliittymiä on paljon sujuttamisen kanssa tulee ongelmia, koska viemärin sujutuksessa liittymät pitää leikata robotilla auki sujuttamisen jälkeen. Jälkiliittyminen sujutettuun putkeen on hankalaa ja sujutus ei onnistu yli 10 asteen pakkasessa (Flexoren). Pohjavesialueella sujuttaminen on myöskin ongelmallista, koska jos sujutettuun putkeen tulee vuoto, vuotokohdan etsiminen on hankalaa ja kustannuksia syntyy. Saneeraus on mahdollista Rovaniemellä toukokuusta marraskuuhun, talviaikaan saneeraaminen on kolme – viisi kertaa kalliimpaa. Vesi ja viemäriputkia on saneerattu Rovaniemellä 1980- luvulta lähtien sujuttamalla ja nykyään pyritään saneeraamaan noin kaksi kaivantokilometriä (yhdessä kaivannossa saattaa mennä jopa viisikin putkea), mutta todellinen saneeraustarve on noin kolme – neljä kilometriä vuodessa. Napapiirin vedellä budjetoidaan noin kaksi miljoonaa euroa vuosittain saneerauksiin.

Yleistyykö sujuttaminen tulevaisuudessa?

2000- luvun alusta lähtien sujutusta on vähennetty. Esimerkiksi pätkäsujutuksessa välitilan täyttö on kallista vaikeaa ja pakkosujutuksessa talot pitää vesittää, eli talojen käyttövesi ohjataan kadun asukkaille väliaikaisella järjestelyllä. Kun aletaan sujuttamaan, lähtötietojen täytyy olla täydellisiä tai tulee kustannuksia ja ongelmia. Sujuttaminen on kannattavaa keskusta –alueella kun pystytään välttämään katujen aukominen. Edellä mainittujen seikkojen perusteella Tiuraniemi ei usko sujuttamisen yleistyvän erityisesti.

Käyttökokemuksia Xpipestä?

Xpipe hankittiin Napapiirin Vedelle vuosituhanen vaihteessa ja ohjelma on todella ollut hyödyksi. Vanhojen putkien vieminen on todella työlästä ja kartta aineiston täytyy olla todella hyvä ja ajantaisainen, jotta putkitiedotkin ovat oikeat. Napapiirin Vedellä myöskin asiakastietojärjestelmä/ vesikanta on liitetty Xpipeen, jolloin Xpipen tarkastelija näkee käyttöpaikan numeron, omistajan ja hyvin useasti pohjakuvan. Tiuraniemi totesi myöskin, että näin suurella tietojärjestelmällä pitäisi olla pääkäyttäjä, joka hoitaisi Xpipeen liittyvät ongelmat Teklan kanssa. Vesilaitoksella on ympärivuorokautinen päivystys ja tulevaisuudessa päivystäjät saavat käyttöönsä mobiiliversion Xpipestä, johon tulee johtokartasto PDF -formaattissa.

Liite 4:

Mitattujen pisteiden pisteluettelo.

| | | | | | | |
|---|---|------|-----|-------------|-------------|--------|
| 1 | 0 | 8811 | 2 | 7366545.073 | 3427576.468 | 64.301 |
| 1 | 0 | 8811 | 3 | 7366522.717 | 3427586.240 | 64.110 |
| 1 | 0 | 8811 | 4 | 7366496.931 | 3427593.060 | 63.959 |
| 1 | 0 | 8811 | 5 | 7366480.346 | 3427597.432 | 64.327 |
| 1 | 0 | 8811 | 6 | 7366568.749 | 3427566.302 | 63.832 |
| 1 | 0 | 8811 | 8 | 7366610.340 | 3427556.896 | 63.692 |
| 1 | 0 | 8712 | 500 | 7366280.377 | 3427437.476 | 65.954 |
| 1 | 0 | 8811 | 10 | 7366502.250 | 3427400.981 | 62.206 |
| 1 | 0 | 8811 | 9 | 7366573.048 | 3427383.218 | 61.034 |
| 1 | 0 | 8811 | 11 | 7366384.165 | 3427428.492 | 63.925 |
| 1 | 0 | 8811 | 12 | 7366679.096 | 3427603.197 | 58.798 |
| 1 | 0 | 8811 | 14 | 7366664.389 | 3427643.406 | 58.786 |
| 1 | 0 | 8811 | 13 | 7366657.778 | 3427639.523 | 60.515 |
| 1 | 0 | 8811 | 15 | 7366628.127 | 3427645.366 | 60.893 |
| 1 | 0 | 8811 | 16 | 7366680.621 | 3427813.351 | 60.259 |
| 1 | 0 | 8811 | 17 | 7366614.461 | 3427814.814 | 59.860 |
| 1 | 0 | 8811 | 19 | 7366323.135 | 3427634.459 | 65.529 |
| 1 | 0 | 8811 | 20 | 7366230.567 | 3427650.695 | 67.422 |
| 1 | 0 | 8712 | 600 | 7366230.216 | 3427652.224 | 67.194 |
| 1 | 0 | 8712 | 601 | 7366231.635 | 3427652.024 | 67.211 |
| 1 | 0 | 8712 | 602 | 7366194.071 | 3427657.475 | 67.737 |
| 1 | 0 | 8811 | 21 | 7366194.948 | 3427656.876 | 67.731 |
| 1 | 0 | 8712 | 603 | 7366196.477 | 3427657.622 | 67.723 |
| 1 | 0 | 8712 | 604 | 7366192.411 | 3427658.133 | 67.745 |
| 1 | 0 | 8811 | 22 | 7366154.075 | 3427664.452 | 69.147 |
| 1 | 0 | 8712 | 605 | 7366152.932 | 3427663.471 | 68.995 |
| 1 | 0 | 8811 | 23 | 7366154.025 | 3427664.368 | 69.117 |
| 1 | 0 | 8811 | 24 | 7366090.607 | 3427673.313 | 73.300 |
| 1 | 0 | 8712 | 606 | 7366089.921 | 3427672.644 | 73.198 |
| 1 | 0 | 8712 | 607 | 7366068.159 | 3427685.477 | 73.301 |
| 1 | 0 | 8811 | 25 | 7366049.270 | 3427697.175 | 73.339 |
| 1 | 0 | 8811 | 26 | 7366015.132 | 3427721.239 | 73.616 |
| 1 | 0 | 8712 | 608 | 7366015.948 | 3427720.070 | 73.581 |
| 1 | 0 | 8712 | 609 | 7366015.721 | 3427722.341 | 73.522 |
| 1 | 0 | 8811 | 27 | 7366017.316 | 3427744.695 | 72.714 |
| 1 | 0 | 8712 | 610 | 7366017.217 | 3427743.589 | 72.729 |
| 1 | 0 | 8811 | 28 | 7365953.691 | 3427768.510 | 74.471 |
| 1 | 0 | 8811 | 29 | 7365914.798 | 3427782.023 | 74.497 |
| 1 | 0 | 8811 | 31 | 7365840.512 | 3427788.293 | 74.306 |
| 1 | 0 | 8811 | 32 | 7365805.364 | 3427751.188 | 75.957 |
| 1 | 0 | 8712 | 611 | 7365814.317 | 3427761.852 | 75.099 |
| 1 | 0 | 8811 | 33 | 7365757.123 | 3427748.868 | 76.107 |
| 1 | 0 | 8811 | 34 | 7365720.726 | 3427749.941 | 75.710 |
| 1 | 0 | 8811 | 35 | 7365700.951 | 3427769.800 | 75.578 |
| 1 | 0 | 8811 | 36 | 7365626.197 | 3427771.898 | 77.594 |
| 1 | 0 | 8712 | 612 | 7365626.530 | 3427771.622 | 77.770 |
| 1 | 0 | 8811 | 613 | 7365575.358 | 3427746.232 | 74.943 |

| | | | | | | |
|---|---|------|-----|-------------|-------------|--------|
| 1 | 0 | 8708 | 614 | 7365573.867 | 3427744.983 | 75.003 |
| 1 | 0 | 8712 | 615 | 7365576.308 | 3427742.437 | 75.247 |
| 1 | 0 | 8811 | 37 | 7365575.323 | 3427746.249 | 74.916 |
| 1 | 0 | 8811 | 38 | 7365505.874 | 3427697.083 | 74.747 |
| 1 | 0 | 8811 | 40 | 7365433.535 | 3427624.202 | 74.456 |
| 1 | 0 | 8712 | 617 | 7365432.264 | 3427624.656 | 74.762 |
| 1 | 0 | 8811 | 41 | 7365383.009 | 3427607.567 | 74.398 |
| 1 | 0 | 8811 | 42 | 7365369.020 | 3427633.873 | 73.964 |
| 1 | 0 | 8811 | 43 | 7365347.014 | 3427675.504 | 74.483 |
| 1 | 0 | 8811 | 44 | 7365324.287 | 3427609.476 | 73.994 |
| 1 | 0 | 8811 | 46 | 7365258.781 | 3427589.787 | 80.441 |
| 1 | 0 | 8811 | 47 | 7365247.286 | 3427574.905 | 73.914 |
| 1 | 0 | 8811 | 48 | 7365209.362 | 3427546.303 | 73.159 |
| 1 | 0 | 8811 | 49 | 7365207.810 | 3427530.620 | 73.024 |
| 1 | 0 | 8811 | 50 | 7365217.650 | 3427509.473 | 73.424 |
| 1 | 0 | 8811 | 51 | 7365250.127 | 3427506.841 | 73.963 |
| 1 | 0 | 8712 | 618 | 7365251.462 | 3427506.653 | 73.825 |
| 1 | 0 | 8811 | 52 | 7365287.448 | 3427524.252 | 74.860 |
| 1 | 0 | 8811 | 53 | 7365287.473 | 3427524.299 | 74.766 |
| 1 | 0 | 8712 | 620 | 7365325.372 | 3427542.894 | 75.641 |
| 1 | 0 | 8811 | 54 | 7365152.795 | 3427515.194 | 72.618 |
| 1 | 0 | 8811 | 55 | 7365129.060 | 3427482.603 | 72.164 |
| 1 | 0 | 8712 | 56 | 7365126.722 | 3427482.027 | 72.101 |
| 1 | 0 | 8811 | 57 | 7365066.331 | 3427450.694 | 72.030 |
| 1 | 0 | 8811 | 58 | 7365018.605 | 3427426.403 | 71.557 |
| 1 | 0 | 8811 | 59 | 7364974.022 | 3427403.959 | 70.523 |
| 1 | 0 | 8811 | 61 | 7365009.529 | 3427334.540 | 73.281 |
| 1 | 0 | 8712 | 622 | 7365038.108 | 3427325.186 | 72.433 |
| 1 | 0 | 8811 | 63 | 7365126.806 | 3427333.763 | 73.091 |
| 1 | 0 | 8811 | 69 | 7365120.573 | 3427323.610 | 72.900 |
| 1 | 0 | 8712 | 625 | 7365124.604 | 3427322.177 | 73.071 |
| 1 | 0 | 8712 | 626 | 7365125.500 | 3427321.493 | 73.521 |
| 1 | 0 | 8712 | 627 | 7365143.009 | 3427305.988 | 72.676 |
| 1 | 0 | 8811 | 64 | 7365141.665 | 3427306.503 | 72.538 |
| 1 | 0 | 8811 | 65 | 7365168.733 | 3427307.851 | 73.312 |
| 1 | 0 | 8712 | 628 | 7365218.033 | 3427265.390 | 73.241 |
| 1 | 0 | 8811 | 66 | 7365218.742 | 3427263.923 | 73.018 |
| 1 | 0 | 8811 | 67 | 7365239.593 | 3427353.512 | 75.892 |
| 1 | 0 | 8811 | 70 | 7364967.627 | 3427415.703 | 70.981 |
| 1 | 0 | 8712 | 629 | 7364937.837 | 3427401.928 | 70.220 |
| 1 | 0 | 8712 | 630 | 7364937.633 | 3427400.578 | 70.231 |
| 1 | 0 | 8811 | 71 | 7364937.712 | 3427401.002 | 70.250 |
| 1 | 0 | 8811 | 72 | 7364942.983 | 3427387.792 | 70.634 |
| 1 | 0 | 8811 | 73 | 7364926.519 | 3427436.906 | 71.058 |
| 1 | 0 | 8811 | 74 | 7364916.103 | 3427457.987 | 71.137 |
| 1 | 0 | 8811 | 75 | 7364899.672 | 3427484.239 | 70.086 |
| 1 | 0 | 8712 | 632 | 7364898.944 | 3427483.115 | 70.434 |
| 1 | 0 | 8811 | 78 | 7364861.524 | 3427632.808 | 67.389 |
| 1 | 0 | 8811 | 79 | 7364881.519 | 3427683.683 | 65.353 |
| 1 | 0 | 8712 | 634 | 7364880.592 | 3427679.947 | 66.132 |

| | | | | | | |
|---|---|------|-----|-------------|-------------|--------|
| 1 | 0 | 8811 | 80 | 7364936.016 | 3427733.323 | 65.082 |
| 1 | 0 | 8811 | 82 | 7364952.943 | 3427682.573 | 67.161 |
| 1 | 0 | 8811 | 84 | 7364967.800 | 3427795.830 | 64.881 |
| 1 | 0 | 8811 | 87 | 7365054.665 | 3427694.849 | 69.772 |
| 1 | 0 | 8712 | 635 | 7365047.342 | 3427642.427 | 71.622 |
| 1 | 0 | 8811 | 89 | 7365060.358 | 3427626.777 | 72.146 |
| 1 | 0 | 8811 | 90 | 7365006.173 | 3427869.005 | 64.643 |
| 1 | 0 | 8712 | 640 | 7365011.062 | 3427874.272 | 64.512 |
| 1 | 0 | 8712 | 641 | 7365005.784 | 3427866.656 | 64.634 |
| 1 | 0 | 8811 | 92 | 7365078.037 | 3427859.992 | 65.021 |
| 1 | 0 | 8811 | 93 | 7365074.405 | 3427860.103 | 64.552 |
| 1 | 0 | 8811 | 94 | 7364755.365 | 3427377.288 | 68.425 |
| 1 | 0 | 8712 | 636 | 7364754.307 | 3427373.403 | 68.299 |
| 1 | 0 | 8811 | 95 | 7364755.998 | 3427333.321 | 66.774 |
| 1 | 0 | 8811 | 97 | 7364800.966 | 3427326.820 | 69.647 |
| 1 | 0 | 8811 | 99 | 7364685.697 | 3427351.582 | 66.401 |
| 1 | 0 | 8811 | 101 | 7364602.611 | 3427313.986 | 65.878 |
| 1 | 0 | 8811 | 100 | 7364645.771 | 3427345.527 | 66.042 |
| 1 | 0 | 8811 | 102 | 7364564.366 | 3427287.620 | 65.920 |
| 1 | 0 | 8712 | 639 | 7364565.193 | 3427288.633 | 66.379 |
| 1 | 0 | 8712 | 642 | 7364565.300 | 3427288.601 | 66.553 |
| 1 | 0 | 8712 | 103 | 7364553.987 | 3427294.624 | 65.752 |
| 1 | 0 | 8811 | 405 | 7365258.698 | 3427732.479 | 71.765 |
| 1 | 0 | 8811 | 104 | 7365426.495 | 3427219.241 | 74.636 |
| 1 | 0 | 8811 | 105 | 7365454.241 | 3427233.502 | 76.163 |
| 1 | 0 | 8811 | 106 | 7365470.579 | 3427234.687 | 76.495 |
| 1 | 0 | 8811 | 107 | 7365483.667 | 3427243.582 | 77.137 |
| 1 | 0 | 8811 | 108 | 7365529.981 | 3427247.158 | 77.971 |
| 1 | 0 | 8811 | 109 | 7365588.599 | 3427249.916 | 79.526 |
| 1 | 0 | 8811 | 110 | 7365442.165 | 3427176.161 | 72.728 |
| 1 | 0 | 8811 | 112 | 7365477.758 | 3427147.827 | 72.086 |
| 1 | 0 | 8712 | 643 | 7365476.901 | 3427147.440 | 71.636 |
| 1 | 0 | 8811 | 111 | 7365450.061 | 3427143.328 | 70.798 |
| 1 | 0 | 8811 | 113 | 7365460.175 | 3427080.697 | 67.256 |
| 1 | 0 | 8811 | 114 | 7365463.389 | 3427059.157 | 67.009 |
| 1 | 0 | 8811 | 115 | 7365470.981 | 3427013.998 | 67.310 |
| 1 | 0 | 8712 | 637 | 7365470.562 | 3427015.817 | 67.170 |
| 1 | 0 | 8712 | 638 | 7365506.330 | 3427015.933 | 69.427 |
| 1 | 0 | 8712 | 644 | 7365506.363 | 3427015.916 | 69.601 |
| 1 | 0 | 8712 | 645 | 7365510.029 | 3427016.187 | 69.714 |
| 1 | 0 | 8811 | 116 | 7365508.085 | 3427015.315 | 69.267 |
| 1 | 0 | 8811 | 117 | 7365556.547 | 3427016.715 | 70.429 |
| 1 | 0 | 8712 | 647 | 7365557.594 | 3427017.458 | 70.779 |
| 1 | 0 | 8712 | 648 | 7365557.501 | 3427017.708 | 70.793 |
| 1 | 0 | 8811 | 118 | 7365599.930 | 3427018.350 | 70.463 |
| 1 | 0 | 8811 | 119 | 7365607.031 | 3426996.138 | 73.053 |
| 1 | 0 | 8811 | 120 | 7365600.804 | 3426964.484 | 72.346 |
| 1 | 0 | 8712 | 650 | 7365602.827 | 3426919.449 | 71.976 |
| 1 | 0 | 8712 | 651 | 7365602.575 | 3426917.991 | 72.001 |
| 1 | 0 | 8712 | 652 | 7365603.167 | 3426893.668 | 71.606 |

| | | | | | | |
|---|---|------|-----|-------------|-------------|--------|
| 1 | 0 | 8712 | 653 | 7365603.624 | 3426867.568 | 71.031 |
| 1 | 0 | 8712 | 654 | 7365603.346 | 3426862.863 | 70.869 |
| 1 | 0 | 8712 | 655 | 7365602.907 | 3426862.939 | 70.866 |
| 1 | 0 | 8811 | 122 | 7365601.989 | 3426864.672 | 70.895 |
| 1 | 0 | 8811 | 123 | 7365537.598 | 3427092.890 | 71.366 |
| 1 | 0 | 8712 | 656 | 7365536.593 | 3427092.120 | 71.263 |
| 1 | 0 | 8712 | 657 | 7365535.864 | 3427091.863 | 71.229 |
| 1 | 0 | 8811 | 124 | 7365500.689 | 3427087.777 | 69.309 |
| 1 | 0 | 8712 | 658 | 7365498.992 | 3427086.710 | 69.228 |
| 1 | 0 | 8811 | 125 | 7366040.692 | 3427883.404 | 66.092 |